

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO HENRIQUE PACHECO RAMOS

ESTADO NUTRICIONAL E FISIOLÓGICO DE LARANJEIRAS COM E SEM  
DECLÍNIO DOS CITROS.

CURITIBA

2017

PEDRO HENRIQUE PACHECO RAMOS

ESTADO NUTRICIONAL E FISIOLÓGICO DE LARANJEIRAS COM E SEM  
DECLÍNIO DOS CITROS.

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo, na área de  
Qualidade, manejo e conservação do  
solo e da água, do Setor de Ciências  
Agrárias, Universidade Federal do  
Paraná, como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre em  
Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Milton Ferreira de  
Moraes.

Co-orientador: Prof. Dr. Volnei  
Pauletti.

CURITIBA

2017

Ramos, Pedro Henrique Pacheco  
R175 Estado nutricional e fisiológico de laranjeiras com e sem  
declínio dos citros / Pedro Henrique Pacheco Ramos.  
- Curitiba, 2017.  
87 f. : il., grafs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Milton Ferreira de Moraes  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.  
Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo.

1. Frutas cítricas - Nutrição. 2. Frutas cítricas - Doenças e  
pragas. 3. Frutas cítricas - Cultivo. I. Moraes, Milton Ferreira de.  
II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias.  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. III. Título.

CDU 632: 634.31



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO  
Mestrado e Doutorado



## PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de **Pedro Henrique Pacheco Ramos**, intitulada: **“Estado nutricional e fisiológico de laranjeiras com e sem declínio dos citros”**, do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição do candidato, emitem parecer pela **“APROVAÇÃO”** da referida Dissertação. O candidato atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 23 de fevereiro de 2017.

  
Prof. Dr. Milton Ferreira de Moraes, Presidente

  
Prof. Dr. Volnei Pauletti, Iº. Examinador

  
Prof. Dr. Ruy Inácio Neiva de Carvalho, IIº. Examinador

## DEDICATÓRIA

Ao meu avô Murillo Bastos Pacheco (*in memoriam*) por sempre estar ao meu lado e acreditar em mim; aos meus pais Jorge Ignácio Schimmelpfeng Ramos e Maria Consuelo de Souza Pacheco Ramos e a minha noiva Jéssica de Miranda Paulo pelo incentivo e compreensão na minha caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por todas as minhas conquistas e por permitir mais esse motivo de felicidade.

Ao meu orientador, Professor Milton Ferreira de Moraes, pela amizade, orientação, por abrir novos horizontes para a realização desse projeto, pelos ensinamentos, paciência, confiança e liberdade para realizar esse projeto.

Ao Professor Volnei Pauletti por toda a orientação, dedicação completa, sempre se dispondo a me auxiliar, compreensão, amizade, confiança e pelos ensinamentos transmitidos para a evolução da minha formação científica, profissional.

Ao Professor Dr. Ruy Inacio Neiva de Carvalho por seu acolhimento e pela disposição em participar da banca.

Aos colegas da turma da pós de 2015, Wilson Wagner Ribeiro Teixeira, Bruno Tsujigushi, Maria Fabiane de Brito, Rolff Vladimir Mitton, Rodrigo Segalla, João Paulo Krüger, Luciano Rosa, Daniel Malheiro e Jana Borgo pelas ajudas nas análises, no desenvolvimento da dissertação, sugestões e críticas construtivas.

Aos colegas de profissão Acácio Martins, Everton Arruda e Waldemar Zanini por toda a ajuda e disposição cedida, não medindo esforços para me acompanhar e auxiliar nas coletas a campo. Esse projeto foi realizado graças a vocês.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Fabiana Gavelaki, Maria Aparecida de Carvalho, Hilbert Blum e a Denise pela gentileza, ajuda e amizade.

Aos Grupos AgroPratinha, Citrospar, Citrosuco e família Cadamuro pela confiança em conceder as áreas para a instalação do experimento de campo em suas propriedades.

A Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar esta dissertação e a CAPES e Fundação Araucária pela concessão da bolsa de estudos.

E a todos os amigos e pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desse projeto, deixo de coração o meu Muito Obrigado.

## RESUMO

Com a expansão da citricultura no país em meados dos anos 1990, novos Estados começaram a formar polos citrícolas, entre eles os estados do Paraná e de Goiás, tornando a citricultura brasileira a maior do mundo atualmente, com 74% de participação no mercado mundial. Porém, vários fatores ainda limitam a capacidade produtiva dos pomares citrícolas no país, como fatores nutricionais, pragas, doenças e anomalias de origem desconhecidas como é o caso do declínio dos citros (Citrus Blight), provocando grandes prejuízos à produção de citros. Este trabalho teve como objetivo analisar os estados nutricionais de pomares irrigados e não irrigados, nos estados de São Paulo, Paraná e Goiás, afim de compreender as particularidades dos pomares citrícolas em cada região, nas épocas de novembro, janeiro, março, maio e julho durante uma mesma safra, além de variações fisiológicas e nutricionais entre plantas com declínio dos citros e plantas sadias presentes nessas regiões. Os teores de nutrientes nas folhas de plantas sadias apresentaram a seguinte ordem  $C > Ca > N > K > Mg > P$  para os macronutrientes e  $Cu > Fe > B > Mn > Zn > Ni > Mo$  para os micronutrientes, independentemente do local de cultivo e de presença ou não de irrigação. Houve correlação entre os nutrientes C/N, P/K, P/Mg, K/Mg, K/B, Cu/B, B/Mn e Mn/Zn na maioria das propriedades analisadas. Foram realizados testes de condutância estomática, fluorescência máxima, eficiência fotoquímica máxima do Fotossistema II durante os períodos da manhã, meio dia e a tarde, além de análise nutricional foliar entre plantas com a presença de declínio dos citros e plantas sadias, sendo selecionadas plantas de um pomar comercial de laranjeira “Pera” (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) enxertada em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osb.), com idade média de 15 anos em cada região. As plantas com declínio apresentaram menor condutância estomática, comparadas às plantas sadias, em todos os horários e em todas as regiões, além de apresentarem uma relação Ca/K nas folhas duas vezes maiores que em plantas sadias.

**Palavras-chave:** Avaliação do estado nutricional, *Citrus sinensis*, condutância estomática, diagnose foliar, eficiência fotoquímica, nutrição do citros, relação Ca/K, sinergismo entre nutrientes, testes de indexação.

## ABSTRACT

With the expansion of citriculture in the country in the mid-1990s, new states began to form citrus poles, including the states of Paraná and Goiás, making the Brazilian citrus industry the largest in the world today, with a 74% participation in the world market. However, several factors still limit the productive capacity of citrus orchards in the country, such as nutritional factors, pests, diseases and anomalies of unknown origin, such as the decline of citrus (Citrus Blight), causing great damage to citrus production. The objective of this study was to analyze the nutritional status of irrigated and non - irrigated orchards in the states of São Paulo, Paraná and Goiás, in order to understand the particularities of citrus orchards in each region during November, January, March, May and July during the same crop, as well as physiological and nutritional variations between plants with citrus decline and healthy plants present in these regions. The nutrient content of leaves of healthy plants presented the following order  $C > Ca > N > K > Mg > P$  for macronutrients and  $Cu > Fe > B > Mn > Zn > Ni > Mo$  for micronutrients, doesn't matter the presence or absence of irrigation. There was a correlation between the nutrients  $C / N$ ,  $P / K$ ,  $P / Mg$ ,  $K / Mg$ ,  $K / B$ ,  $Cu / B$ ,  $B / Mn$  and  $Mn / Zn$  in most properties analyzed. Stomatal conductance tests, maximum fluorescence, maximum photochemical efficiency of Photosystem II during morning, afternoon and afternoon periods were performed, as well as foliar nutritional analysis between plants with the presence of citrus decline and healthy plants in commercial orange orchard "Pera" (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grafted on 'Cravo' lemon tree (*C. limonia* Osb.), with an average age of 15 years in each region. The plants with decline presented lower stomatal conductance, compared to healthy plants, at all times and in all regions, besides presenting a  $Ca / K$  ratio in leaves twice as large as in healthy plants.

**Key-words:** Evaluation of nutritional status, *Citrus sinensis*, stomatal conductance, foliar diagnosis, photochemical efficiency, citrus nutrition,  $Ca / K$  ratio, synergism among nutrients, indexation tests.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1- Sintomas de declínio dos citros em laranja Pera: as folhas destacadas nas circunferências vermelhas estão retorcidas, expondo a parte abaxial; Fazenda Pedra Verde-PR.....	21
FIGURA 1.2- Plantas de laranja Pera com declínio à frente e sadia atrás, Fazenda Pedra Verde-PR. Sintomas visuais na planta com declínio de diminuição de número de folhas e secamento de galhos na parte apical.....	22
FIGURA 1.3- Realização de teste da seringa em plantas de laranja Pera com declínio dos citros; Fazenda Entre Rios- SP.....	23
FIGURA 1.4- Porômetro portátil modelo Decagon SC-1 utilizado para determinação da condutância estomática.....	28
FIGURA 1.5- Fluorômetro portátil modelo OS-30p, Opti-Sciences, Marconi utilizado para determinação da fluorescência máxima e eficiência fotoquímica máxima do FSII.....	28
FIGURA 2.1- Variação dos teores foliar de C, N, P, K, Ca, Mg em g kg <sup>-1</sup> durante a safra 2015/16 nas propriedades de SP, PR e GO.....	62
FIGURA 2.2- Variação dos teores foliar de Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo em mg kg <sup>-1</sup> durante a safra 2015/16 nas propriedades de SP, PR e GO.....	63
FIGURA 2.3- Teor de Ni foliar em mg kg <sup>-1</sup> durante a safra 15/16 nas propriedades de SP, PR e GO.....	64

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1- Condutância estomática em diferentes horários em plantas de laranja Pera com e sem declínio dos citros, nas fazendas Pedra Verde-PR, Entre Rios-SP e Laranjeira-GO.....	31
TABELA 1.2- Condutância estomática em diferentes horários entre lados das plantas de laranja Pera, fazendas Pedra-Verde-PR, Entre Rios-SP e Laranjeira-GO.....	32
TABELA 1.3- Macronutrientes em folhas de plantas de laranja Pera com e sem declínio dos citros, nas três fazendas.....	36
TABELA 1.4- Micronutrientes em folhas de plantas de laranja Pera com e sem declínio dos citros, nas três fazendas.....	37
TABELA 1.5- Teores de macronutrientes em g kg <sup>-1</sup> no tronco de plantas de laranja Pera com e sem declínio nas três fazendas.....	38
TABELA 1.6- Teores de micronutrientes em mg kg <sup>-1</sup> no tronco de plantas de laranja Pera com e sem declínio nas três fazendas.....	39
TABELA 1.7- Comparativo entre resultados nutricionais obtidos na parte aérea de laranja Pera com declínio dos citros nas Fazendas Entre Rios, Pedra Verde e Laranjeira com os citados por Malavolta et al. (2005).....	40
TABELA 1.8- Efeito do declínio dos citros nos teores de eficiência quântica do FSII ( $F_v/F_m$ ) e fluorescência máxima ( $F_m$ ).....	42
TABELA 1.9- Diferença entre posição da planta de laranja Pera e horários nos valores de eficiência quântica do FSII nas três fazendas.....	44
TABELA 1.10- Diferença entre posição da planta de laranja Pera e horários nos valores de fluorescência máxima nas três fazendas.....	44
TABELA 2.1-Análise de solo das quadras avaliadas nas propriedades de SP, PR e GO, na profundidade de 0 a 20 cm.....	58
TABELA 2.2-Variedade, porta enxerto, ano de plantio e produtividade em caixas por planta e por hectare na safra 2015/2016 nas propriedades de SP, PR e GO.....	59

TABELA 2.3- Teores de nutrientes em citros associados a altas produtividades.....	61
TABELA 2.4- Teor foliar médio de nutrientes na safra 2015/16 e classificação segundo a faixa nutricional proposta por GPACC (1997) para as propriedades de SP, PR e GO.....	68
TABELA 2.5- Correlação entre C com N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	70
TABELA 2.6- Correlação entre N com P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	70
TABELA 2.7- Correlação entre P com K, Ca, Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	71
TABELA 2.8- Correlação entre K com Ca, Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	71
TABELA 2.9- Correlação entre Ca com Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	71
TABELA 2.10- Correlação entre Mg com Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	72
TABELA 2.11- Correlação entre Cu com Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	73
TABELA 2.12- Correlação entre Fe com B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	73
TABELA 2.13- Correlação entre B com Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	73
TABELA 2.14- Correlação entre Mn com Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	73
TABELA 2.15- Correlação entre Zn com Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	74
TABELA 2.16- Correlação entre Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.....	74

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABA	- Ácido abscísico.
$g_s$	- Condutância estomática.
$\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	- mol de água por metro quadrado por segundo.
N	- Normal.
$F_m$	- Fluorescência máxima.
$F_v/F_m$	- Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema dois.
$E$	- Transpiração.
ATP	- Trifosfato de adenosina.
ATPase	- Enzimas adenosinatrifosfatases.
FSII	- Fotossistema dois.
$\text{IP}_3$	- Inositol 1,4,5-trifosfato.
cADPR	- Adenosina difosfato ribose.
m	- Metros.
cm	- Centímetros.
Cfa	- Clima subtropical húmido.
Aw	- Clima tropical com estação seca.
°C	- Graus Celsius.
%	- Porcento.
ICP	- Espectrofotômetro de plasma induzido por argônio.
log	- logarítmico.
DRIS	- Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendações.
Relação Ca/K	- Relação cálcio potássio.

## SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO GERAL.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
2- CAPÍTULO 1- ESTADO NUTRICIONAL E FISIOLÓGICO DE LARANJEIRAS COM DECLÍNIO DOS CITROS	
2.1- RESUMO.....	18
2.2- ABSTRACT.....	19
2.3- INTRODUÇÃO.....	20
2.4- MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.5- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
2.6- CONCLUSÕES.....	45
2.7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
3- CAPÍTULO 2- DINÂMICA NUTRICIONAL DE LARANJEIRAS DURANTE O ANO AGRÍCOLA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE CULTIVO NOS ESTADOS DE SÃO PAULO, PARANÁ E GOIÁS.	
3.1- RESUMO.....	54
3.2- ABSTRACT.....	55
3.3- INTRODUÇÃO.....	56
3.4- MATERIAL E MÉTODOS.....	57
3.5- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61

3.6- CONCLUSÕES.....	76
3.7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
4- CONCLUSÕES GERAIS.....	82
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
6- REFERÊNCIAS.....	83
7- RESUMO BIOGRÁFICO.....	94

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A citricultura no Brasil surgiu quando os portugueses introduziram as primeiras sementes de laranja doce nos Estados da Bahia e São Paulo entre 1530 e 1540 (Neves & Jank, 2006), porém somente nos anos 30 do século passado, a citricultura começou a ser implantada comercialmente nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Bahia.

No Paraná teve início na região Noroeste do estado, no final da década de 1980, após a retirada da barreira sanitária que o denominava como uma área de risco, pela presença do Cancro Cítrico (doença causada pela bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*), impedindo de exportar frutos para outros estados e países.

Com a expansão da citricultura no país, iniciou a citricultura comercial no estado de Goiás no começo do século XXI, por possuir condições climáticas semelhantes às apresentadas nos grandes polos produtores de citros de São Paulo, porém com menores custos para aquisição de terras.

A citricultura brasileira é a maior do mundo, representando 74% de participação no mercado mundial em 2014 (United States Department of Agriculture, 2015).

A cultura do citros é uma cultura perene que exige altos investimentos de seus produtores. Doses elevadas de fertilizantes são aplicadas na cultura, porém a obtenção de altas produtividades é o resultado de uma complexa interação entre clima, solo e planta (Amado et al., 2010).

O entendimento de fatores nutricionais e sanitários existentes na citricultura é essencial para viabilizar economicamente pomares citrícolas diante do mercado atual.

Dentre os vários fatores que podem prejudicar a produção de laranja, existe o declínio dos citros que afeta entre 6 a 8% das plantas no Estado de São Paulo anualmente, tornando improdutivas a partir do segundo ano (Baldassari et al., 2003).

O declínio dos citros é uma anomalia de natureza vascular que compromete a translocação de seiva bruta nas plantas (Auler et al., 2010).

Seus sintomas se manifestam no início do quarto ou quinto ano de idade da planta, com maior incidência na faixa etária de 8 a 12 anos. Caracteriza-se por apresentar murcha e enrolamento das folhas, com redução do tamanho, mudança de coloração e quedas acentuadas das folhas, excesso de brotações nos troncos e em pernadas, secamento gradativo dos galhos, florescimento extemporâneo com quedas das folhas e frutos, deficiências acentuadas de nutrientes, mesmo em pomares adequadamente fertilizados, elevada acidez nos frutos, acúmulo de fenóis solúveis no caule, presença de obstruções amorfas nos vasos do xilema, com consequentes perdas de produtividades (Carlos et al., 2000; Baldassari et al., 2003) e acúmulo de ácido abscísico (ABA) nas raízes (Berguer, 1998).

O presente trabalho teve como objetivos avaliar as influências no estado nutricional e fisiológico do declínio dos citros em laranjeiras e analisar se há variações ou similaridades no estado nutricional entre as diferentes regiões citrícolas durante um ano.

Considerando estes objetivos, o trabalho está dividido em dois capítulos. O primeiro capítulo aborda a relação entre estado nutricional e fisiológico de laranjeiras com e sem declínio dos citros. O segundo capítulo apresenta a dinâmica nutricional de laranjeiras durante o ano agrícola nos estados de São Paulo, Paraná e Goiás.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amado, T.J.C.; Schleindwein, J.A.; Fiorin, J.E. Manejo do solo visando a obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema de plantio direto. In: Thomas, A.L. & Costa, J.A., Soja, Manejo para alta produtividade de grãos. 1.ed. Porto Alegre, Evangraf, 2010. p.35-97.
- Auler, P.A.M.; Pavan, M.A.; Neves, C.S.V.J.; Carlos, E.F. Ocorrência de declínio dos citros na Região Noroeste do Paraná. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, n.1, p.286-290, 2010.
- Baldassari, R. B.; Goes, A.; Tannuri, F. Declínio dos citros: algo a ver com o sistema de produção de mudas cítricas?. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 25, n.2, p. 357-360, 2003.
- Berger, R.D. A causa e o controle do declínio dos citros. Revista Laranja, Cordeirópolis, v.19, n. 1, 1998, p. 79-90.
- Carlos, E.F., Lemos, E.G.M., Donadio, L.C. O declínio dos citros. Revista Laranja, Cordeirópolis, v.21, 2000, p.175-203.
- Neves, M. F.; Jank, M. S. Perspectivas da cadeia produtiva da laranja no Brasil: a agenda 2015. Relatório Ícone/Markestra/Pensa, São Paulo p. 07, 2006.
- USDA- United States Department of Agriculture. (2015). PSD Online. Washington. Disponível em <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx> Acesso em 21 jan. 2017

## 2. CAPÍTULO I- ESTADO NUTRICIONAL E FISIOLÓGICO DE LARANJEIRAS COM DECLÍNIO DOS CITROS.

### 2.1 RESUMO

O declínio dos citros (Citrus Blight) é uma anomalia vascular de origem desconhecida, que provoca grandes prejuízos à produção de citros. Este trabalho teve como objetivo analisar variações fisiológicas e nutricionais de plantas com declínio dos citros em três regiões citrícolas localizadas no noroeste do Paraná, centro oeste de São Paulo e em Goiás. Foram realizados testes de condutância estomática, fluorescência máxima, eficiência fotoquímica máxima do Fotossistema II durante os períodos da manhã, meio dia e a tarde, além de análise nutricional foliar entre plantas com a presença de declínio dos citros e plantas saudáveis. Foram selecionadas 10 plantas com a presença de declínio dos citros e 10 plantas saudáveis de um pomar comercial de laranja "Pera" (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) enxertada em limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.), com idade média de 15 anos em cada região. A comprovação da presença de declínio foi realizada através do teste de teor de zinco no lenho do tronco. As plantas com declínio apresentaram menor condutância estomática, comparadas às plantas saudáveis, em todos os horários e em todas as regiões, além de apresentarem uma relação Ca/K nas folhas duas vezes maiores que em plantas saudáveis. Não ocorreram diferenças nos testes de fluorescência máxima e eficiência fotoquímica máxima do Fotossistema II entre plantas com declínio e as plantas saudáveis.

**Palavras-chave:** *Citrus sinensis*, condutância estomática, eficiência fotoquímica, nutrição do citros, relação Ca/K, testes de indexação.

## 2.2 ABSTRACT

The citrus decline (Citrus Blight) is a vascular anomaly of unknown origin, causing great damage to citrus production. The objective of this work was to analyze the physiological and nutritional variations of plants with citrus decline in three citrus regions located in the northwest of Paraná, in the western center of São Paulo and in Goiás. Stomatal conductance, maximum fluorescence, photosynthetic efficiency II during the morning, noon and afternoon periods, in addition to foliar nutritional analysis between plants with the presence of citrus decline and healthy plants. Ten citrus plants and 10 healthy plants were selected from a commercial “Pera” orange orchard (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grafted on 'Cravo' lemon limb (*C. limonia* Osb.), with a mean age Of 15 years in each region. The presence of decline was verified by the test of zinc content in the wood of the trunk. The plants with decline showed a lower stomatal conductance, compared to healthy plants, at all times and in all regions, besides presenting a Ca/K ratio in leaves twice as large as in healthy plants. There were no differences in the maximum fluorescence and maximum photochemical efficiency of Photosystem II between declining plants and healthy plants.

**Key-words:** *Citrus sinensis*, stomatal conductance, photochemical efficiency, Citrus nutrition, Ca / K ratio, indexing tests.

## 2.3 INTRODUÇÃO

O Declínio dos Citros é uma anomalia de origem até hoje desconhecida que atinge pomares citrícolas em todos os estados produtores do Brasil. Foi relatado pela primeira vez em 1970 na Bahia, em 1977 no estado de São Paulo e posteriormente nos outros Estados produtores, como no Paraná (Carlos et al., 2000; Rossetti, 2001; Auler et al., 2010; Abreu et al., 2015). Estima-se que no Estado de São Paulo, entre 6 e 8% das plantas são afetadas anualmente.

Seus sintomas se manifestam a partir do quarto ano de idade, com maior incidência entre o oitavo e o décimo segundo ano.

Apresentam características como murcha generalizada da folhagem com perda de brilho e coloração verde-musgo; forma uma leve torção nas folhas, expondo a parte abaxial (Figura 1.1); perdas acentuadas de folhas; excesso de brotação após a florada normal de primavera das plantas sadias (floradas extemporâneas); gradativo secamento de galhos; a parte interna da copa produz uma vegetação vigorosa (Figura 1.2); em estágio avançado ocorre a morte de radículas; no tronco ocorre um acúmulo de zinco, que são normalmente de duas a quatro vezes maiores comparadas a plantas sadias (Albrigo & Young, 1981; Wutscher, 1981; Beretta et al., 1988; Auler et al., 2010), além da presença de fenóis solúveis no tronco, obstruções amorfas de lignina nos vasos do xilema e baixa produção, o que permite a realização da técnica da injeção de água com seringa no tronco para confirmação da presença do declínio dos citros (Lee et al., 1984; Auler et al., 2010).

Por possuir uma distribuição espacial das plantas ao acaso (Sonoda et al., 1992) e não ser possível transmitir por enxertia de ramos e borbulhas os sintomas de uma planta com declínio para uma planta assintomática, muitos pesquisadores acreditam que a anomalia seja causada por um agente abiótico (Lima & Borducchi, 1982; Albrigo et al., 1992; Derrick, 1998; Auler et al., 2010).

Mesmo após vários testes como microscopia eletrônica de transmissão e varredura, sondas de DNA, meios seletivos para isolamento em cultura pura de microorganismos e corantes específicos não foi possível localizar um gene determinante para o declínio dos citros (Derrick et al., 2006; Zhang & Wang,

2014; Abreu et al., 2015; Zhang et al., 2016); seu processo ao longo do tempo dá-se de forma linear (Sonoda et al., 1992) e torna as plantas improdutivas a partir do segundo ano da presença da anomalia (Müller et al., 2002; Baldassari et al., 2003).



Figura 1.1- Sintomas de declínio dos citros em laranja Pera: as folhas destacadas nas circunferências vermelhas estão retorcidas, expondo a parte abaxial; Fazenda Pedra Verde-PR.





Figura 1.2- Plantas de laranja Pera com declínio à frente e sadia atrás, Fazenda Pedra Verde-PR. Sintomas visuais na planta com declínio de diminuição de número de folhas e secamento de galhos na parte apical.



Figura 1.3- Realização de teste da seringa em plantas de laranja Pera com declínio dos citros; Fazenda Entre Rios- SP.

De acordo com Wutscher (1989), foi verificada uma relação direta entre baixas taxas de capacidade de troca catiônica do solo e maior incidência de plantas sintomáticas. Normalmente, a manifestação dos sintomas de declínio

tem sido mais evidente em solos com teores limitantes de fósforo e potássio, exibindo, por outro lado, altos níveis de cálcio e magnésio. Aplicações de grande quantidade de hidróxido de cálcio levaram a uma remissão dos sintomas (Berger, 1998).

Testes em plantas saudáveis que tiveram suas raízes ligadas por união de tecido às de plantas sintomáticas e a indução de sintomas da anomalia através de enxertia por pedaços de raízes de plantas sintomáticas, o que poderia indicar a causa por algum agente biótico, foi respondida por Berger (1998), que constatou um acúmulo de ácido abscísico (ABA) nas raízes das plantas com declínio e a transferência de ABA via raiz.

O ABA é responsável pela abscisão de flores e frutos jovens localizados em posição apical e em conjunto com o etileno promove a senescência e a morte da folha e, posteriormente, do vegetal como um todo (Assmann & Zeiger, 1987; Grossmann, 2000; Cutler et al., 2010); sintomas muito parecidos com os reportados em plantas com declínio do citros.

A produção de ABA nas raízes representa um sinal químico da raiz para a parte aérea sobre a existência de um estresse hídrico no solo ou nas proximidades, induzindo o fechamento dos estômatos, fechamento esse chamado de *fechamento hidroativo*, que acontece antes mesmo de ocorrer alguma diminuição da turgidez das células-guardas. Minutos após o início do fechamento, há aumento na síntese de ABA também nas *células-guardas* (Cid, 2000; Sharp, 2002; Taiz & Zeiger, 2009), o que poderia afetar a evapotranspiração de plantas com declínio dos citros.

As *células-guardas*, que funcionam como válvulas, são operadas através de sua turgescência. Quando as células-guardas estão túrgidas, os estômatos encontram-se abertos e quando flácidas os estômatos estão fechados, controlando o tamanho da abertura dos poros estomáticos (Hones, 1980; Kerbauy, 2004).

O vapor da água se difunde através dos espaços intercelulares, indo para fora das plantas através dos estômatos. Essa difusão é conhecida como *transpiração estomática*, responsável por 90 a 95% da água perdida pelas folhas, e existe uma alta correlação entre a condutância estomática ao vapor d'água ( $g_s$ ), que é medida em  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e a transpiração ( $E$ ) (Sasaki et

*al.*,1997). Taxas de transpiração elevadas provavelmente aumentam a absorção e translocação de nutrientes.

Essa osmorregulação na turgidez das células guardas acontece devido à entrada de íons potássio ( $K^+$ ) nessas células, sendo considerado importante soluto osmoticamente ativo. O aumento da concentração de  $K^+$  nas células guardas eleva seu potencial osmótico, resultando numa absorção de água das células adjacentes, com consequente aumento no turgor das células guardas, abrindo dessa forma os estômatos (MacRobbie, 1987; Carpita & McCann, 2000; White & Karley, 2010).

Durante a abertura, boas quantidades de  $K^+$  movem-se das células subsidiárias e epidérmicas para dentro das células-guardas. O fluxo de  $K^+$  para o interior das células-guardas é possibilitado pela ativação, com gasto de ATP, de uma bomba de prótons  $H^+$ -ATPase localizada na membrana plasmática. Essa bomba é estimulada pela atividade fotossintética dos cloroplastos (Hochmal et al., 2015).

Segundo Bergamashi et al.(1988), em feijoeiro ocorreu diminuição da fotossíntese em consequência ao fechamento estomático ocasionado pelo déficit hídrico. Ronchi et al.(2005) constataram alterações significativas na maioria dos parâmetros fotoquímicos quando o déficit hídrico severo foi imposto lentamente no cafeeiro. Eles observaram alterações na fase fotoquímica do FSII em folhas adaptadas à luz, evidenciadas, em reduções no fotossistema II (FSII) nas plantas com déficit hídrico, comparadas às irrigadas.

Essa redução fotossintética ocorre, pois no fechamento dos estômatos uma menor quantidade dióxido de carbono da atmosfera, utilizados na produção de carboidratos, difunde-se para dentro dos espaços intercelulares dos tecidos fotossintéticos, diminuindo assim a reserva de carboidratos (Erismann et al., 2008; Meltcafe et al., 2010), o que poderia interferir em plantas com declínio dos citros, caso ocorra um elevado fechamento estomático.

É possível que as plantas expressem atributos adaptativos à seca, investindo, por exemplo, mecanismos para dissipação do excesso de energia de excitação sobre a cadeia fotossintética de transporte de elétrons, comumente observado em condições de seca, reduzindo, portanto, os riscos



da ocorrência de danos fotooxidativos (Ort e Baker, 2002), ou promovendo o ajustamento osmótico, através da movimentação de  $K^+$  para fora das células guardas, para retardar a desidratação (Lawlor & Cornic, 2002).

Em situação de estresse hídrico moderado, a abertura estomática será a máxima possível, sem que ocorra uma desidratação letal da planta, mas ainda capaz de fixar dióxido de carbono. Se o estresse persistir, a planta manterá os estômatos fechados. Com o fechamento estomático, as plantas podem manter certo turgor (maior potencial de água), o que é uma importante característica de tolerância à seca (Pimentel & Hébert, 1999).

Evidências experimentais indicaram que certos sinais para o fechamento estomático, como o hormônio ABA e o escuro, estimulam a absorção de  $Ca^{2+}$  para dentro do citoplasma das células-guardas (Mansfield et al., 1990; Daloso et al., 2015).

A presença de cálcio influencia as ações das células-guardas, pois a entrada de  $Ca^{2+}$  nas células-guardas provoca uma despolarização na membrana plasmática, iniciando assim uma cadeia de eventos na qual se inclui a abertura de canais de ânions que resulta na saída de  $Cl^-$  e malato. Essa perda de ânions favorece a despolarização da membrana, abrindo canais de  $K^+$  e permitindo a saída desse cátion das células-guardas.

Isso foi observado por Mansfield et al. (1990), onde na adição de  $Ca^{2+}$  a soluções em que se encontraram incubados fragmentos de epiderme isolada de folhas pode-se estimular o fechamento ou inibir sua abertura. A presença do  $Ca^{2+}$  inibiu a turgescência induzida pelo  $K^+$  em protoplastos de células-guardas (células cujas paredes foram removidas).

O ABA promove o aumento na concentração de  $Ca^{+2}$  no citossol, através do influxo extracelular e/ou pela liberação do estoque intracelular, provavelmente do vacúolo. Esse aumento de  $Ca^{2+}$  está ligado ao metabolismo do inositol 1,4,5-trifosfato ( $IP_3$ ) e/ou adenosina difosfato ribose (cADPR), identificada como molécula sinalizadora em plantas submetidas a estresse hídrico. A elevação na concentração de  $Ca^{2+}$  causa uma pré-despolarização da membrana plasmática, permitindo a liberação de ânions e cátions do vacúolo, ativando os canais de efluxo de  $K^+$  e bloqueia os canais de influxo desse cátion, provocando a saída de água da célula-guarda, reduzindo sua

turgescência e inibindo a abertura estomática (Bray et al., 1993; Leung & Giraudat, 1998; Campalans et al., 1999; Li et al., 2014).

As presenças de altas concentrações de ABA em plantas com declínio podem estimular o aumento da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  nas folhas das plantas, afetando assim a ação de  $\text{K}^+$  sobre as células guardas.

A hipótese é que plantas com declínio apresentem interferências em sua atividade estomática e na capacidade de produção fotossintética, sejam elas temporárias ou permanentes durante o dia, além de alterar a disposição de nutrientes responsáveis pelo controle da atividade estomática.

O objetivo do presente trabalho foi verificar se existem alterações no estado nutricional, estomático e fotossintético entre plantas saudas e plantas com declínio dos citros.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram selecionadas três propriedades, sendo a Fazenda Pedra Verde localizada próxima ao Município de São João do Caiuá, no Noroeste do Paraná, com altitude média de 578 m; a Fazenda Entre Rios localizada próxima ao Município de Gavião Peixoto, no Centro-Oeste de São Paulo, com altitude média de 505 m e a Fazenda Laranjeira localizada próxima ao Município de Hidrolândia, região metropolitana de Goiânia, no estado de Goiás, com altitude média de 814 m. A classificação climática de Kröppen-Geiger (Alvares et al., 2013; INMET, 2015) para as regiões de cada fazenda é Cfa (clima subtropical húmido), Aw (clima tropical com estação seca) e Aw (clima tropical com estação seca), respectivamente.

Em cada propriedade foi selecionado um talhão com ocorrência de plantas com declínio dos citros, com idade de 15, 14 e 14 anos nas fazendas Pedra Verde, Entre Rios e Laranjeira, respectivamente. Em cada talhão foram selecionadas 20 plantas de laranja "Pera" (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) sobre porta enxerto de limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.), sendo 10 plantas com sintomas de Declínio dos Citros e 10 plantas saudas, com uma distância máxima de 5 metros entre uma planta sadia de uma planta com declínio, localizadas na mesma quadra.

A confirmação da presença de declínio nas plantas foi realizada pelo teste de teores de Zn no tronco das plantas que apresentavam sintomas visuais de declínio (Wutscher et al., 1977; Albrigo & Young, 1981; Auler et al., 2010).

Foi realizada avaliação de condutância estomática, fluorescência máxima, eficiência fotoquímica máxima do Fotossistema II e o estado nutricional. As coletas de dados ocorreram nos meses de agosto na fazenda Entre Rios, setembro na fazenda Pedra Verde e outubro na fazenda Laranjeira.

Para a análise de condutância estomática ( $g_s$ ), foi utilizado um porômetro portátil do modelo Decagon SC-1 (Figura 1.4), calibrado em modo automático, que avalia a condutância estomática ao vapor d'água em  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  durante um período de 30 segundos. Para as análises fluorescência máxima ( $F_m$ ) e da eficiência fotoquímica máxima do FSII ( $F_v/F_m$ ) foi utilizado um fluorômetro portátil modelo OS-30p, Opti-Sciences, Marconi (Figura 1.5). As avaliações de ( $g_s$ ), ( $F_m$ ) e ( $F_v/F_m$ ) foram realizadas durante três dias em cada propriedade, em três horários diferentes: as 09:00, 12:00 e 15:30 horas. Esses horários foram selecionados devido às limitações de leitura do porômetro, pois para a realização das leituras, não são permitidas influências externas como a presença de orvalho nas folhas ou ausência de intensidade luminosa.

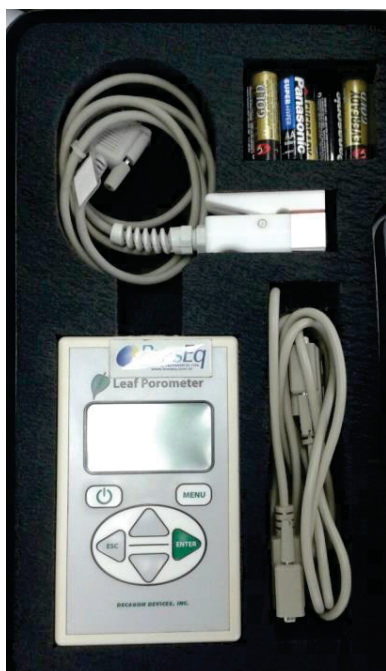


Figura 1.4- Porômetro portátil modelo Decagon SC-1 utilizado para determinação da condutância estomática.



Figura 1.5- Fluorômetro portátil modelo OS-30p, Opti-Sciences, Marconi utilizado para determinação da fluorescência máxima e eficiência fotoquímica máxima do FSII.

Foram realizadas duas leituras por planta durante cada período, sendo uma leitura voltada para o lado leste da planta e uma leitura voltada para o lado oeste da planta. Para a seleção de folhas para as leituras, foram tomadas como base as mesmas folhas que são usadas para a análise nutricional, que são folhas de ramos frutíferos, com frutos de 2 a 4 cm de diâmetro, sendo a terceira ou quarta folha localizada a partir de um ramo com fruto único e em posição terminal no ramo (Malavolta et al., 1997). O sensor do porômetro foi posicionado voltado para a parte abaxial da folha, por possuir maior número de estômatos, enquanto que o sensor do fluorômetro foi colocado voltado para a parte axial da folha.

Após a última leitura, em cada planta avaliada foram coletadas 15 folhas de cada lado da planta, formando uma amostra para cada lado da planta, utilizando os mesmos parâmetros de seleção de folha adotados para as leituras com o porômetro e o fluorômetro, que foram armazenadas em geladeira até viagem de retorno para Curitiba.

Após a última leitura do porômetro e do fluorômetro, foram coletados também pedaços de lenho do tronco em todas as plantas para análise de nutrientes, sendo esses coletados em torno de 10 cm acima da linha de porta enxerto (Auler et al., 2010).

Todas as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal do Paraná, Campus do Setor de Ciências Agrárias, em Curitiba-PR.

Tanto as folhas quanto os pedaços de tronco foram lavados com detergente neutro e enxaguados em água corrente. Após essa lavagem, foram colocados em solução de HCl 0,3N e enxaguados com água deionizada. O material foi colocado então em estufa com temperatura controlada em torno de 60°C por no mínimo 48 horas para secagem e moídos até tamanho menor que 2 mm, sendo utilizado moinho tipo “Wiley” para os pedaços de tronco e moedor de café para a trituração das folhas.

Para a digestão do material vegetal, foram pesados 0,2 gramas de material e adicionados 7 mililitros de ácido nítrico em concentração de 2 volumes de ácido nítrico para um volume de água Milli-Q; e mais 2 mililitros de peróxido de hidrogênio. Foi utilizado micro-ondas laboratorial modelo MARS 6-CEM, com configuração de curva de velocidade de aquecimento controlado para atingir 180°C em 20 minutos e manter a temperatura de 180°C por mais 10 minutos (EMBRAPA, 2009). Tanto as amostras de folha quanto as amostras de tronco foram completamente digeridas utilizando esse método.

Após o resfriamento do material digerido, o material foi retirado dos tubos utilizados no carrossel do micro-ondas com uma tríple lavagem utilizando água Milli-Q, filtrado utilizando papel filtro laboratorial classificação azul e armazenados em frascos de amostragens de plástico. Foram realizadas as leituras dos nutrientes P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Mo e Ni no equipamento ICP modelo VARIAN 720 ES.

Para a leitura do carbono e do nitrogênio, aproximadamente 20 miligramas de amostra foram pesadas e empacotadas em cápsula de estanho, sendo a determinação feita por combustão, em analisador elementar CNHS Modelo VARIO EL III - Elementar®.

Foi realizado o delineamento tipo fatorial para as análises de condutância estomática, e para os dados obtidos pelo fluorômetro, sendo as variáveis avaliadas representadas pelos dias de avaliação (1); horários de avaliação (2); presença ou ausência de declínio (3) e pela posição leste ou oeste na planta (4).

Foi realizado o delineamento do tipo blocos ao acaso para as análises nutricionais de folhas e tronco, relacionando planta com e sem declínio, pois não houve diferença significativa nos dados nutricionais obtidos pela análise foliar entre os lados das plantas.

Foram considerados como tratamento plantas com declínio e sem declínio, sendo cada planta uma repetição, formando 10 repetições para cada tratamento.

Os dados foram testados quanto à homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett, e quando homogêneas, foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Os dados que não apresentaram normalidade através do teste de Bartlett foram transformados em  $x = \log(x)$  ou em  $x = x^{1/2}$  para atender a normalidade e indicados nas Tabelas apresentadas nos resultados e discussões. O teste de Tukey foi realizado ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas três propriedades, a condutância estomática foi maior nas plantas sem declínio, independente do horário de avaliação (Tabela 1.1). Apresentou diferença entre os turnos da manhã e tarde para ambos os tratamentos; os maiores valores de condutância ocorreram no período do meio dia, diferindo estatisticamente dos demais horários no tratamento sem declínio nos períodos da manhã e tarde e no tratamento com declínio apenas no turno da tarde.

Tabela 1.1- Condutância estomática em diferentes horários em laranjeiras Pera com e sem declínio dos citros, nas fazendas Pedra Verde-PR, Entre Rios-SP e Laranjeira-GO.

Horários	Faz. Pedra Verde		Faz. Entre Rios		Faz. Laranjeiras	
	Com declínio	Sem declínio	Com declínio	Sem declínio	Com declínio	Sem declínio
	-----molH <sub>2</sub> O(m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )-----					
09:00	46,30*abB	88,95 cA	47,07 aB	81,38 bA	60,22 aB	95,69 bA
12:00	48,43 aB	123,31 aA	42,58 aB	90,96 aA	63,02 aB	124,87 aA
15:30	36,05 bB	99,93 bA	21,31 bB	49,54 cA	46,29 bB	87,28 bA

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha para cada fazenda e minúscula na coluna para cada horário não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

A condutância variou conforme a posição na planta em relação à incidência solar em todas as fazendas (Tabela 1.2), sendo maior nas folhas do lado leste da planta pela manhã e maior no lado oeste da planta no período da tarde. No período do meio dia ocorreram os maiores valores de condutância, sendo semelhantes aos valores do lado leste pela manhã e oeste no período da tarde. Isso reflete ao efeito do estímulo da intensidade luminosa sobre a abertura e fechamento dos estômatos (Daloso et al., 2016; Antunes et al., 2017).

Tabela 1.2- Condutância estomática em diferentes horários entre lados das plantas de laranja Pera, fazendas Pedra-Verde-PR, Entre Rios-SP e Laranjeira-GO.

Horários	Faz. Pedra Verde		Faz. Entre Rios		Faz. Laranjeiras	
	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste
	-----molH <sub>2</sub> O(m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )-----					
09:00	80,69 aA	54,56 bB	72,77 aA	55,68 bB	82,18 aA	73,73 bB
12:00	86,00 aA	85,75 aA	64,85 aA	68,68 aA	90,89 aA	97,00 aA
15:30	50,99 bB	84,99 aA	31,08 bB	39,76 cA	60,46 bB	73,11 bA

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha para cada fazenda e minúscula na coluna para cada horário não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.



A menor condutância estomática das plantas com declínio dos citros é preocupante, pois além de possuírem uma menor condutância estomática, as plantas com declínio sofrem perdas acentuadas de folhas (Baldassari et al., 2003), ficando com um número reduzido de folhas comparadas às plantas saudas. Isso proporciona grande desvantagem na competição pela absorção de água e nutrientes presentes na solução do solo.

A menor condutância nas plantas sintomáticas pode ser explicada pela ação do ABA, pois plantas com declínio dos citros apresentam maior concentração desse hormônio, sendo o ABA utilizado pelas plantas para indicar a presença de algum estresse, como o déficit hídrico (Berger, 1998).

A deficiência hídrica poderia explicar também o atraso na floração de plantas com declínio, pois com menor quantidade de folhas e apresentando transpiração reduzida em relação às plantas saudas, sua capacidade de absorção hídrica é muito menor, o que remete na necessidade de maior tempo de absorção para conseguir retirar a planta do estado de estresse.

Plantas citrícolas tendem a entrar em estágio reprodutivo após passar por algum tipo de estresse, como o término de um período de déficit hídrico (Santos et al., 2004; Cruz et al., 2007; Chica & Albrigo, 2013). Isso é muito evidente na região de Goiás, que apresenta uma distribuição de chuvas concentradas principalmente nos meses de novembro, dezembro e janeiro e refletem em florações tardias comparadas a outras regiões produtoras, que iniciam sua fase reprodutiva no início da primavera.

Consequentemente, o período de colheita dos frutos ocorre a partir do mês de janeiro em pomares não irrigados da região de Goiás, diferentemente dos setores citrícolas nos estados de SP e PR, que iniciam a colheita de laranja Pera próximo a junho. Em áreas irrigadas em Goiás, a produção consegue acompanhar a safra normal das outras regiões.

As plantas apresentaram a mesma tendência na condutância estomática, nas três propriedades, tanto em plantas saudas como em plantas com declínio, em acompanhar a intensidade luminosa sobre as plantas (Lugassi et al., 2015), ficando evidente o efeito da posição do sol sobre as plantas, já que as plantas receberam maior incidência solar no lado leste pela parte da manhã e no lado oeste na parte da tarde. No período do meio dia ou

do “sol a pino”, quando não ocorrem grandes variações nas incidências recebidas nos dois lados, não houve variação da condutância estomática entre os lados.

“A resposta à luz é a expressão integrada de dois sistemas de fotorreceptores distintos, um dependendo da fotossíntese nas células-guardas e o outro dirigido por uma resposta específica à luz azul. Evidência suficientemente consistente de que a luz tem um efeito direto e independente da fotossíntese sobre o movimento estomático, foi obtida com experimentos em que se utilizou luz vermelha até a saturação da resposta fotossintética. Após essa saturação, baixos fluxos de luz azul foram adicionados quando se observou substancial incremento na abertura dos estômatos. Além disso, estudos com protoplastos isolados de células-guardas têm mostrado que estes se tomam túrgidos em resposta à luz azul, indicando que esse tipo de luz é percebido dentro das próprias células-guardas” (Kerbaudy, 2004).

Estudos realizados por Daloso et al. (2015) e Horrer et al. (2016) também detalham os efeitos do estímulo da irradiação luminosa sobre as células guardas, permitindo a abertura estomática.

A inibição da abertura estomática pelo  $\text{Ca}^{2+}$  e ABA só ocorre em estômatos irradiados com luz azul, não apresentando nenhum efeito sobre a abertura estimulada pela luz vermelha (Parvathi & Raghavendra, 1997). Tal constatação está de acordo com as observações de que o ABA e concentrações elevadas de  $\text{Ca}^{2+}$  interferem na atividade das bombas de prótons, que é uma resposta ligada ao papel da luz azul.

O acúmulo de ABA e  $\text{Ca}^{2+}$  no criptocromo, um suposto receptor de luz azul, ativa a bomba de prótons  $\text{H}^+$ -ATPase da membrana plasmática das células-guardas e estimula a biossíntese de malato<sup>2-</sup>, tendo relação antagônica com o acúmulo de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e malato<sup>2-</sup> (Talbot & Zeiger, 1998; Hochmal et al., 2015).

Para compreender melhor os efeitos da variação na condutância estomática, assim como para tentar explicar o motivo por que essa variação entre plantas com e sem declínio está ocorrendo, foram realizadas análises nutricionais das plantas com e sem declínio, tanto da parte aérea como do tronco. Os dados de C, N, P, K, Ca, Mg e da relação Ca/K na análise foliar das plantas com e sem declínio, nas três propriedades, estão apresentados na

Tabela 1.3, enquanto os dados da análise foliar dos micronutrientes Zn, B, Mn, Fe, Cu, Mo e Ni, são apresentados pela Tabela 1.4.

Os dados nutricionais obtidos pela análise de pedaços de tronco de laranja Pera com e sem declínio, nas três propriedades, apresentados nas Tabelas 1.5 e 1.6 demonstram que os teores de nutrientes foliares são maiores que os encontrados no tronco. Isso ocorre, pois as folhas apresentam maior atividade fisiológica, exigindo maiores concentrações de nutrientes.

Tabela 1.3- Macronutrientes em folhas de laranja Pera com e sem declínio dos citros, nas fazendas Entre Rios, Pedra Verde e Laranjeira.

Tratamento	C	N	P	K	Ca	Mg	Ca/K
-----g kg <sup>-1</sup> -----							
Fazenda Entre Rios-SP							
Com declínio	421,22	24,97	1,04	6,89	40,32	2,46	6,15
Sem declínio	428,66	24,95	0,98	8,69	33,13	2,00	3,86
CV(%)	1,10	5,86	8,77	16,06	15,46	15,94	19,42
Fazenda Pedra Verde-PR							
Com declínio	414,71	20,37	0,88	6,06	51,10	1,88	8,68
Sem declínio	416,73	22,13	1,00	8,84	36,33	1,66	4,16
CV(%)	1,59	6,54	10,76	12,54	13,14	18,77	28,15
Fazenda Laranjeira-GO							
Com declínio	434,41	24,26	0,91	4,83	53,56	2,45	11,31
Sem declínio	433,60	25,95	1,23	6,94	34,14	2,44	4,97
CV(%)	0,85	2,74	8,55	12,67	17,93	7,37	27,23

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p < .05)

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1.4- Micronutrientes em folhas de laranja Pera com e sem declínio dos citros, nas fazendas Entre Rios, Pedra Verde e Laranjeira.

Tratamento	Zn	B	Mn	Fe	Cu	Mo	Ni
-----mg kg <sup>-1</sup> -----							
Fazenda Entre Rios-SP							
Com declínio	114,10 a**	82,19 a**	104,94 a**	76,74 a**	41,85 a**	0,50 a**	0,22 a
Sem declínio	56,68 b	66,97 b	57,23 b	63,68 b	23,50 b	0,34 b	0,19 a
CV(%)	8,96	4,00	7,13	18,28	11,39	19,00	41,84
Fazenda Pedra Verde-PR							
Com declínio	26,35 a*	75,57 a	44,01 a**	60,23 a**	64,29 a**	0,14 a	0,16 a
Sem declínio	22,21 b	69,42 a	24,78 b	47,14 b	48,14 b	0,16 a	0,15 a
CV(%)	47,84	19,48	21,83	12,89	34,32	20,52	25,40
Fazenda Laranjeira-GO							
Com declínio	28,52 a**	85,05 a**	31,98 a**	62,14 a**	51,72 a**	1,11 a	0,14 a
Sem declínio	15,36 b	46,13 b	19,01 b	14,69 b	8,82 b	0,98 a	0,08 a
CV(%)	20,81	18,31	14,27	11,24	13,27	26,88	35,46

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p < .05)

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na fazenda Entre Rios-SP, os micronutrientes Cu, Fe e B foram transformados em  $x = \log(x)$  para atender a normalidade; o Mo e Ni foram transformados em  $x = x^{1/2}$ .

Na fazenda Pedra Verde-PR, os micronutrientes Mn, Zn, Mo, Ni foram transformados em  $x = x^{1/2}$  para atender a normalidade; o Fe foi transformado em  $x = \log(x)$ .

Na fazenda Laranjeira-GO, o micronutriente Cu foi transformado em  $x = \log(x)$  para atender a normalidade; o Ni foi transformado em  $x = x^{1/2}$ .

Tabela 1.5- Teores de macronutrientes em g kg<sup>-1</sup> no tronco de laranja Pera com e sem declínio nas fazendas Entre Rios, Pedra Verde e Laranjeira.

Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg	Ca/K
-----g kg <sup>-1</sup> -----							
Fazenda Entre Rios-SP							
Com declínio	438,63 b**	7,15 a**	0,35 a	3,10 a**	5,39 a**	0,61 a**	1,72 a**
Sem declínio	446,69 a	4,20 b	0,40 a	2,18 b	2,52 b	0,40 b	1,15 b
CV(%)	0,78	13,00	18,90	7,61	34,08	14,70	25,74
Fazenda Pedra Verde-PR							
Com declínio	453,37 a	6,38 a**	0,28 b*	2,37 a**	4,32 a**	0,44 a**	1,83 a
Sem declínio	455,53 a	3,49 b	0,37 a	1,77 b	2,06 b	0,32 b	1,16 a
CV(%)	0,92	6,08	23,44	12,28	23,95	14,47	22,90
Fazenda Laranjeira-GO							
Com declínio	469,25 a	5,90 a**	0,29 b*	1,49 a**	3,68 a**	0,49 a**	2,46 a
Sem declínio	467,37 a	3,75 b	0,37 a	1,15 b	2,62 b	0,35 b	2,25 a
CV(%)	0,40	11,59	19,41	13,35	13,91	17,99	18,14

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p < .05)

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1.6- Teores de micronutrientes em mg kg<sup>-1</sup> no tronco de laranja Pera com e sem declínio nas três fazendas.

Tratamentos	Zn	B	Mn	Fe	Cu	Mo	Ni
-----g kg <sup>-1</sup> -----							
Fazenda Entre Rios-SP							
Com declínio	15,48 a**	2,22 a*	3,28 a**	60,25 a*	2,38 a	0,07 a	0,75 a**
Sem declínio	7,49 b	1,11 b	2,12 b	45,81 b	2,10 a	0,13 a	0,41 b
CV(%)	17,42	48,83	12,2	26,77	15,76	43,22	26,77
Fazenda Pedra Verde-PR							
Com declínio	4,53 a**	8,41 a**	2,49 a**	27,56 a	3,02 a	0,05 a	0,13 a
Sem declínio	0,26 b	5,48 b	1,57 b	24,26 a	2,84 a	0,08 a	0,20 a
CV(%)	28,51	16,81	12,39	25,96	29,43	54,31	25,96
Fazenda Laranjeira-GO							
Com declínio	5,87 a**	5,26 b*	2,27 a**	18,94 a	1,44 a*	0,11 b**	0,13 a
Sem declínio	1,09 b	6,66 a	1,55 b	15,23 a	1,12 b	0,27 a	0,06 a
CV(%)	44,36	12,34	16,63	29,12	17,98	47,61	47,78

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p &lt; .05)

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p &lt; .01)

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os micronutrientes Mn, Zn, Mo, Ni e a relação Ca/K na fazenda Pedra Verde-PR foram transformados em  $x = x^{1/2}$  para atender a normalidade; o Fe foi transformado em  $x = \log(x)$ .

Os micronutrientes Zn e Ni na fazenda Laranjeira-Go foram transformados em  $x = x^{1/2}$  para atender a normalidade.

As maiores concentrações dos nutrientes Mg, Zn, Fe e Cu nas plantas com declínio podem estar associadas ao menor número de folhas (Baldassari et al., 2003), refletindo numa menor divisão dos nutrientes para a distribuição na planta, como pela movimentação dos nutrientes.

Tanto o Mg, muito móvel, quanto nutrientes pouco móveis como o Cu, Fe e o Zn, apresentam uma redistribuição nas plantas, podendo ser retirados de folhas menos ativas, prestes a entrarem em senescência e redistribuídos para folhas mais ativas (Kerbauy, 2004; Gaxiola et al., 2007).

Plantas com declínio apresentaram maiores teores de  $K^+$  no tronco, comparadas às plantas sadias, porém isso não ocorreu na parte aérea, mesmo o  $K^+$  sendo um elemento com alta mobilidade nas plantas, o que indica que o  $K^+$  está sendo inibido de permanecer nas folhas.

Altas concentrações de  $Ca^{+2}$ , um elemento imóvel na planta, indicam que o  $Ca^{+2}$  tem uma absorção constante pelas plantas com declínio, refletindo na baixa concentração de  $K^+$  nas folhas de plantas com declínio (Tabela 1.3), através da inibição competitiva entre os elementos (Karley & White, 2009; White & Karley, 2010).

Os teores de zinco no tronco das plantas sintomáticas foram duas vezes maiores na fazenda Entre Rios-SP e quatro vezes maiores nas fazendas Pedra Verde-PR e Laranjeira-GO, o que corresponde com o proposto por Wutscher et al. (1977); Albrigo & Young (1981) e Auler et al. (2010).

A Tabela 1.7 foi elaborada fazendo uma comparativa entre os dados nutricionais obtidos no presente trabalho com dados encontrados por Malavolta et al. (2005)

Tabela 1.7- Comparativo entre resultados nutricionais obtidos na parte aérea de laranja Pera com declínio dos citros nas Fazendas Entre Rios, Pedra Verde e Laranjeira com os citados por Malavolta et al. (2005).

Amostras	C	N	P	K	Ca	Mg	Zn	B	Mn	Fe	Cu	Mo	Ni
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----mg kg <sup>-1</sup> -----						
Malavolta et al., 2005	-----	↓	↑	↑	↓	↓	↔	↔	↓	↓	↑	↑	↑
Entre Rios	↓	↔	↔	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔
Pedra Verde	↔	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↔	↑	↑	↑	↔	↔
Laranjeira	↔	↓	↓	↓	↑	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↔	↔



Houve divergência entre os dados obtidos nas análises foliares de plantas com declínio, comparados com os dados por Malavolta et al. (2005). Porém, os dados obtidos na presente pesquisa seguem a mesma linha de outras pesquisas mais antigas como as realizadas por Wutscher & Hardesty (1979) e Coelho et al. (1984), além de testes utilizando o sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendações (DRIS) feitos por Malavolta et al. (1993).

Nas três áreas analisadas, as plantas com declínio dos citros apresentaram uma relação Ca/K duas vezes maiores que as plantas sadias na parte aérea, sendo que em plantas sadias, a relação Ca/K ficou em torno de 4:1. Isso poderia explicar a diferença da condutância estomática entre as plantas sadias e plantas com declínio dos citros, uma vez que a presença do  $\text{Ca}^{2+}$  inibe a turgescência induzida pelo  $\text{K}^{+}$  em protoplastos de células-guardas.

A correlação entre relação Ca/K e condutância foi negativa em todos os locais avaliados, apresentando valores de -0,60 para a Fazenda Pedra Verde, -0,47 para a Fazenda Entre Rios e -0,70 para a Fazenda Laranjeira.

A entrada de  $\text{Ca}^{2+}$  nas células-guardas provoca a despolarização na membrana plasmática, iniciando assim uma cadeia de eventos na qual se inclui a abertura de canais de ânions, permitindo a saída de  $\text{Cl}^{-}$  e malato<sup>2-</sup>, favorecendo a despolarização da membrana, abrindo canais de  $\text{K}^{+}$  e permitindo a saída desse cátion das células-guardas. (Mansfield et al., 1990; Blatt et al., 2014).

Outro fator que pode explicar essa alta diferença entre a concentração de cálcio e potássio em plantas com declínio comparado as plantas sadias seria uma possível ação do ABA produzido nas raízes das plantas com declínio, que estaria chegando até as folhas. O ácido abscísico ao chegar às folhas estaria promovendo aumento na concentração de  $\text{Ca}^{+2}$  no citossol, ativando canais de efluxo de  $\text{K}^{+}$  e evitando a ação dos canais de influxo desse cátion (Kerbaudy, 2004; Guo et al., 2008; Edel & Kudla, 2016).

A Tabela 1.8, apresenta os teores de eficiência quântica do FSII ( $F_v/F_m$ ) e fluorescência máxima ( $F_m$ ) obtidos através do fluorômetro, entre plantas com e sem declínio, nas três propriedades.

Tabela 1.8- Efeito do declínio dos citros nos teores de eficiência quântica do FSII ( $F_v/F_m$ ) e fluorescência máxima ( $F_m$ ).

	Entre Rios-SP		Pedra verde-PR		Laranjeira-GO	
	$F_v/F_m$	$F_m$	$F_v/F_m$	$F_m$	$F_v/F_m$	$F_m$
Com Declínio	0,66 a	283,17 a	0,71 a	340,36 a	0,69 a	385,55 a
Sem Declínio	0,66 a	280,77 a	0,71 a	347,19 a	0,70 a	364,92 b
dms	0,18	17,65	0,01	16,14	0,01	13,49**
CV%	13,53	30,22	8,95	22,67	6,00	17,36

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ).

Ocorreu diferença apenas na fluorescência máxima ( $F_m$ ) da fazenda Laranjeira, em Goiás, onde as plantas com declínio apresentaram valores maiores que as plantas sadias, porém não interferiu na eficiência quântica do FSII ( $F_v/F_m$ ) (Tabela 1.8). Nas três propriedades, não houve variação no FSII entre plantas com e sem declínio (Tabela 1.8).

Isso está de acordo com o observado por García-Sánchez et al. (2007) e por Pedroso et al. (2014), que realizaram estudos com diferentes porta enxertos cítricos e em plantas de laranja “Valência” respectivamente, ambas sob estresse hídrico, onde não apresentaram variações no FSII, e com Flexas et al. (2004), que observou comportamento semelhante em testes *in vitro* e em plantas C3.

A eficiência quântica do FSII apresentou um comportamento inverso ao da condutância estomática em relação aos lados da planta e os horários nas três áreas, apresentando menores valores no lado leste pela manhã comparados ao lado oeste e invertendo o comportamento na parte da tarde. A fluorescência máxima procurou acompanhar a mesma tendência da eficiência fotoquímica do FSII para quase todas as análises.

Isso ocorreu provavelmente por ação da fotoinibição, que é um processo fisiológico caracterizado pela redução lenta e reversível da fotossíntese como resultado da exposição à luz solar plena (Long et al., 1994) e sua intensidade pode ser avaliada pela redução na eficiência quântica do fotossistema II (relação  $F_v/F_m$ ). Pela manhã o lado leste recebeu maior intensidade luminosa e o mesmo aconteceu no lado oeste pela parte da tarde. Dias & Marengo (2007) observaram que o aumento da luminosidade causou maior fotoinibição

em mogno e em acariquara, pois o que determina a fotoinativação do FSII é a fluência de fótons de luz que chega até a folha.

Tabela 1.9- Diferença entre posição da planta de laranja Pera e horários nos valores de eficiência quântica do FSII nas três fazendas.

Horários	Faz. Pedra Verde		Faz. Entre Rios		Faz. Laranjeiras	
	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste
-----Fv/Fm-----						
09:00	0,73 aB	0,76 aA	0,65 bB	0,68 aA	0,69 aB	0,73 aA
12:00	0,65 bB	0,72 bA	0,66 bA	0,64 bA	0,68 aA	0,68 bA
15:30	0,72 aA	0,69 cB	0,71 aA	0,60 cB	0,70 aA	0,67 bB

Letras maiúsculas: Lados leste/oeste; Letras minúsculas: horários.

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha para cada propriedade e minúscula na coluna para cada horário não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 1.10- Diferença entre posição da planta de laranja Pera e horários nos valores de fluorescência máxima nas três fazendas.

Horários	Faz. Pedra Verde		Faz. Entre Rios		Faz. Laranjeiras	
	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste
-----Fm-----						
09:00	326,18 abB	370,58 aA	250,02 bB	292,95 aA	376,22 aB	434,42 aA
12:00	299,33 bB	359,62 aA	279,53 bA	283,38 abA	363,30 aA	369,67 bA
15:30	353,57 aA	353,17 aA	333,30 aA	252,65 bB	366,32 aA	341,50 cB

Letras maiúsculas: Lados leste/oeste; Letras minúsculas: horários.

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha para cada fazenda e minúscula na coluna para cada horário não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

## 2.6 CONCLUSÕES

As plantas com declínio apresentam uma menor condutância estomática comparada às plantas sadias, independente do horário e posição na planta, fato relacionado a maior relação  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  nas plantas com declínio.

Não houve diferenças na eficiência fotoquímica do FSII entre plantas com e sem declínio dos citros, mesmo ocorrendo diferença na condutância estomática.

A incidência solar sobre as plantas é um fator de sinergismo sobre o efeito da abertura estomática e antagonismo na eficiência quântica do FSII em todas as áreas avaliadas.

## 2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, J.R.; Paiva, L.V.; Rodriguez, M.A.D.; Silva, A.T.; Henriques, A.R.; Junior, A.C. Identification and quantification of differentially expressed genes associated with Citrus Blight (*Citrus* spp.), Ciênc. Agrotec., Lavras, v.39, n.1, 2015,p.32-38.
- Albrigo, L.G.; Timmer, L.W.; Derrick, K.S.; Tucker, D.P.H.; Graham, J.H. Failure to transmit citrus blight by limb grafts. In: Conference of the IOCV, 12, 1992. New Delhi. Proceedings, University of Califórnia, 1992; p. 127-130.
- Albrigo, L.G.; Young, R.H.; Phloem zinc accumulation in citrus trees affected with blight. Hortscience, Alexandria, 1981; v.16, p.158-160.
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Gebrüder Borntraeger, Stuttgart , v. 22, n. 6, 2013, p. 711–728.
- Antunes, W.C.; Daloso, D.M.; Pinheiro, D.P.; Williams, T.C.R.; Loureiro, M.E. Guard cell-specific down-regulation of the sucrose transporter SUT1 leads to improved water use efficiency and reveals the interplay between carbohydrate metabolism and K<sup>+</sup> accumulation in the regulation of stomatal opening, Environmental and Experimental Botany, v.135, 2017, p.73-85.
- Assmann, S.M.; Zeiger, E. Guard cell bionergetics. In: Zeiger E, Farquhar GD, Cowas IR (eds). Stomatal Function. Stanford University Press, Stanford, CA, 1987, p163-193.
- Auler, P. A. M.; Pavan, M. A.; Neves, C. S. V. J.; Carlos, E. F. Ocorrência de declínio dos citros na Região Noroeste do Paraná. Revista Brasileira de Fruticultura, 2010; v. 33, n.1, p.286-290.
- Baldassari, R. B.; Goes, A.; Tannuri, F. Declínio dos citros: algo a ver com o sistema de produção de mudas cítricas? Revista Brasileira de Fruticultura, 2003; v. 25, n.2, p. 357-360.
- Bausher, M.G.; Sweeney, M.J. Field detection of citrus blight using immunological techniques. Plant Disease, 1991; v.75, p.447–450.

- Beretta, M.J.G.; Rossetti, V. Declínio dos citros - Uma doença transmissível. In: Seminário internacional sobre porta-enxertos de citros, Bebedouro, 1990; v.1, p.211-221.
- Bergamashi, H.; Vieira, H.J.; Ometto, J.C.; Angelocci, L.R.; Libardi, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro. I. Análise de crescimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.7, 1988, p.733-43.
- Berger, R.D. A causa e o controle do declínio dos citros. *Revista Laranja*, Cordeirópolis, v.19, n. 1, 1998, p. 79-90.
- Blatt, M.R.; Wang, Y.; Leonhardt, N.; Hills, A., Exploring emergent properties in cellular homeostasis using OnGuard to model K<sup>+</sup> and other ion transport in guard cells, *Journal of Plant Physiology* v.171, 2014, p770–778
- Borer, C. H.; Hamby, M. N.; Hutchinson, L. H. Plant tolerance of a high calcium environment via foliar partitioning and sequestration. *Journal of Arid Environments* v.85, 2012, p128-131
- Bray, E.A.; Moses, M.S.; Imai, R.; Cohen, A.; Plant, A.L. Regulation of gene expression by endogenous ABA during drought stress. In *Plant Responses to Cellular Dehydration during Environmental Stress: Current Topics in Plant Physiology* (eds Close, T.J.; Bray, E.A.), An American Society of Plant Physiologist Series, Rockville, Maryland, 1993, p. 167–176
- Campalans A.; Messegueur R.; Goday A.; Pages M. Plant responses to drought, from ABA signal transduction events to the action of the induced proteins. *Plant Physiol Biochem*, 1999, p327-340.
- Carlos, E.F.; Lemos, E.G.M.; Donadio, L.C. O declínio dos citros. *Revista Laranja*, Cordeirópolis, v.21, 2000, p.175-203.
- Carpita, N.; MacCann, M. The cell wall. In *Biochemistry and Molecular Biology of Plants* (B. B. Buchanan, W. Gruissem and R. L. Jones, eds) American Society of Plant Physiologist, Rockville MD), 2000, p. 52-108.
- Chica E.J.; Albrigo L.G. Cool temperature and water deficit interact during floral induction in citrus. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, v.126, 2013, p45–50.
- Cid, L.P.B. Introdução aos hormônios vegetais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000, p180.

- Coelho, Y. S.; Paguio, O. R.; Hiroce, R. Situação nutricional de plantas cítricas afetadas pelo declínio nos Estados da Bahia e São Paulo. In: Congresso brasileiro de fruticultura, 7., Florianópolis, 1983. Anais... Florianópolis: SBF/EMPASC, 1984. v. 1. p. 416-423.
- Cruz, M. do C.M.; Rocha, R.H.C.; Siqueira, D.L.; Salomão, L.C.C. Evaluation of the leaf water potencial, soil humidity and air temperature on the pre-bloom of citrus. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, 2007; v. 31, n. 5, p. 1291-1296.
- Cutler S.R.; Rodriguez P.L.; Finkelstein R.R.; Abrams S.R. Absciscic Acid: emergence of a core Signaling network. *Annu Revf Plant Biol.*, 2010. p51–79.
- Daloso, D.M.; Antunes, W.C.; Pinheiro, D.P.; Waquim, J.P.; Araújo, W.L.; Loureiro, M.E.; Fernie, A.R.; Williams, T.C.R. Tobacco guard cells fix CO<sub>2</sub> by both Rubisco and PEPcase while sucrose acts as a substrate during light-induced stomatal opening. *Plant, Cell Environ.* v.38, 2015, p. 2353–2371.
- Daloso, D.M.; Williams, T.C.R.; Antunes, W.C.; Pinheiro, D.P.; Müller, C.; Loureiro, M.E.; Fernie, A.R. Guard cell-specific upregulation of sucrose synthase 3 reveals that the role of sucrose in stomatal function is primarily energetic. *New Phytol.* v. 209, 2016, p. 1470–1483.
- Derrick, K.S. Evidencias indicam que o declínio dos citros é uma doença infecciosa. *Revista Laranja*, Cordeirópolis, v.19, n. 1, 1998, p. 107-116.
- Derrick K.S.; Beretta M.J.; Barthe G.A. Florida State Horticultural S. Detection of an Idaeovirus in citrus with implications as to the cause of citrus blight. *Proc Fla Hort Soc.*119, 2006, p69–72.
- Dias, D. P.; Marengo, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 3, 2007, p. 305-311.
- Edel, K.H.; Kudla, J. Integration of calcium and ABA signalling. *Plant Biology*, v.33, 2016, p83–91.
- EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Ed: Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. Brasília- DF, 2009.



- Erismann, N.M.; Machado, E.C.; Tucci, M.L.S. Photosynthetic limitation by CO<sub>2</sub> diffusion in drought stressed orange leaves on three rootstocks. *Photosynth. Res.* 96, 2008, p163–172.
- Flexas, J.; Bota, J.; Loreto, F.; Cornic, G.; Sharkey, T.D. Diffusive and metabolic limitations on photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biol.* v.6, 2004, p1–11.
- García-Sánchez, F.; Syvertsen, J.P.; Gimeno, V.; Botía, P.; Perez, J.G. Responses to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water-use efficiency. *Physiol Plant.* v.130, 2007, p532–542.
- Gaxiola, R.A.; Palmgren, M.G.; Schumacher, K. Plant proton pumps. *FEBS lett.* 581, 2007, p2204-2214.
- Grossmann K. Mode of action of auxin herbicides: a new ending to a long drawn out story. *Trends in Plant Science*, v.5, 2000, p506-508.
- Guo, X.L.; Ma, Y.Y.; Liu, Z.H.; Liu, B.H. Effects of Exterior Absciscic Acid on Calcium distribution of Mesophyll Cells and Calcium Concentration of Guard Cells in Maize Seedlings. *Agricultural Sciences in China* 7 v.4, 2008, p438-446
- Hochmal, A.C.; Schulze, S.; Trompelt, K.; Hippler, M. Calcium dependent regulation of photosynthesis. *Biochimica et Biophysica Acta* v.1847, 2015, p993–1003
- Horrer, D.; Flütsch, S.; Pazmino, D.; Matthews, J.S.A.; Thalmann, M.; Nigro, A.; Leonhardt, N.; Lawson, T.; Santelia, D. Blue light induces a distinct starch degradation pathway in guard cells for stomatal opening. *Curr. Biol.* v.26, 2016, p362– 370.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2015. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>>. Acesso em: 24 set. 2016.
- Jones H.G. Interaction and integration of adaptive responses to water stress: the application of an unpredictable environment. In: Tumer NC, Kramer PJ (eds). *Adaptation of Plant to Water and High Temperature Stress*. Wiley, New York, 1980, p353-365.
- Kerbaui, G.B. *Fisiologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Ed. Koogan, 2004, p452.

- Lawlor D.H.; Cornic G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*, 2002; 5: p275-294.
- Lee, R.F.; Marais, L. J.; Timmer, L.W.; Graham, J.H. Syringe injection of water into the trunk: a rapid diagnostic test for citrus blight. *Plant Disease*, Saint Paul, v.68, n.6, 1984; p.511-513.
- Leung J.; Giraudat J. Absciscic acid signal transduction. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 1998; 49: p199-222.
- Li, C.L.; Wang, M.; Xa, X.Y.; Zhang, W. NRG1, a Putative Mitochondrial Pyruvate Carrier, Mediates ABA Regulation of Guard Cell Ion Channels and Drought Stress Responses in *Arabidopsis*, *Molecular Plant*, v.7, 2014, p.1508-1521.
- Lima, J.E.O.; Borducchi, A.S. Observations on citrus blight in Sao Paulo, Brazil. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Tallahassee, 1982; v.95, p.72-75.
- Long, S.P.; Humphries, S.; Falkowski, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.45, 1994, p.633-662.
- Lugassi, N.; Kelly, G.; Fidel, L.; Yaniv, Y.; Attia, Z.; Levi, A.; Alchanatis, V.; Moshelion, M.; Raveh, E.; Carmi, N.; Granot, D. Expression of *Arabidopsis* hexokinase in citrus guard cells controls stomatal aperture and reduces transpiration. *Front. Plant Sci.* v.6, 2015, 1114.
- MacRobbie E.A.C. Ionic relations of guard cells. In: Zeiger E, Farquhar GD, Cowas IR (eds). *Stomatal Function*. Stanford University Press, Stanford, CA, 1987, p125-162.
- Malavolta, E.; Oliveira, S. A.; Vitti, G. C. The use of diagnosis recommendation system (DRIS) to evaluate the nutritional status of healthy and blight affected citrus trees. In: FRAGOSO, M. A. C. e van BEUSICHEN, M. L. (Ed.). *Optimization of Plant Nutrition*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 157-159.

- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- Malavolta, E.; Cabral, C.P.; Prates, H.S.; Oliveira, S.C.; Junior, J.L.; Malavolta, M.; Moraes, M.F. Composição mineral de folhas de citros afetadas por declínio, amarelinho (CVC), morte súbita e Huanglongbing (HLB). Informações agronômicas n110, Potafos, 2005, p3-6.
- Mansfield T.A.; Hetherington A.M.; Atkinson C.J. Some current aspects of stomatal physiology. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1990; 41: p55-75.
- Mansfield T.A.; McAinsh M.R. Hormones as regulators of water balance. In: DaVi, PJ (ed). Plant Hormones. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1995, p598-616.
- Melton, D.B.; Vale, R.L.; Chaves, M.M.; Maroco, J.P.; Aragão, L.E.O.C.; Malhi, Y.; Da Costa, A.L.; Braga, A.P.; Gonçalves, P.L.; Athaydes, J.; Da Costa, M.; Almeida, S.S.; Campbell, C.; Hurry, V.; Williams, M.; Meir, P. Impacts of experimental imposed drought on leaf respiration and morphology in an Amazon rain forest. *Funct. Ecol.* 24, 2010, p524–533
- Müller, G.W.; Carvalho, S.A.; Machado, M.A.; Rodrigues, J.C.V. Controle das doenças causadas por vírus e similares em citros. In: Zambolim, L., do Vale, F.X.R., Monteiro, A.J.A., Costa, H.(ed). Controle de Doenças de Plantas Frutíferas, Viçosa, 2002, v.1; p247-277.
- Ort D.R.; Baker N.R. A photoprotective role for O<sub>2</sub> as an alternative electron sink in photosynthesis? *Current Opinion in Plant Biology*, 2002; 5: p193-198.
- Parvathi K.; Raghavendra A.S. Blue light-promoted stomatal pening in abaxial epidermis of *Commelina benghalensis* in maximal at low calcium. *Physiologia Plantarum*, 1997; p861-864.
- Pedroso F.K.J.V.; Prudent D.A.; Bueno A.C.R.; Machado E.C.; Ribeiro R.V. Drought tolerance in citrus trees is enhanced by rootstock

- dependent changes in root growth and carbohydrate availability. *Environ Exp Bot* v.101, 2014, p26–35.
- Perez S.C.J.G.; Moraes J.A.P.V. Determinações de potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 1991; v3: p27-37.
- Pimentel C.; Hébert G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão caupi sob deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 1999; v.11: p7-11.
- Ronchi C.P.; Caten A.T.; Moraes G.A.B.K.; Batista K.D.; Chaves A.R.M.; DaMatta F.M. Efeitos de taxas de imposição e severidade do déficit hídrico sobre o metabolismo de carboidratos em folhas de *Coffea canephora*. In: *Annals of the III Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Embrapa Café, Brasília. 2005
- Rossetti, V.; Beretta, J.G.; Teixeira, A.R.R. Experimental transmission of decline by approach-root-grafting in São Paulo State, Brazil. In: *International organization of citrus virologists conference*, 11., 1989, Orlando. *Proceedings*. Riverside: University of California, 1991; p.250-255.
- Santos, C.H.; Klar, A.E.; Filho, H.G.; Rodrigues, J.D.; Pierre, F.C. Flowering induction and vegetative development of 'ponkan' Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) by irrigation and paclobutrazol application. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, 2004; v.26, n. 1, p. 8-12.
- Sassaki R.M.; Machado E.C.; Lagôa A.M.M.A.; Felipe G.M. Effect of water deficiency on photosynthesis of *Dalbergia miscolobium* Benth. A cerrado tree species. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 1997; v9: p83-87.
- Scholander P.F.; Hammel H.T.; Bradstreet E.D.; Hemmingsen, E.A. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 1965; 146: p339-346.
- Sharp, R. E. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. *Plant Cell Environment*, Columbia, 2002; v. 25, n. 2, p. 211-222.
- Sonoda, R.M.; Pelosi, R.R.; Hebb, J.W. Comparing Rio Grande gummosis and citrus blight incidence on grapefruit on Swingle citrumelo rootstock.

- Proceeding of the Florida State Horticultural Society, Winter Haven, 1992; v.105, p.28-32.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 848 p.
- Talbott L.D.; Zeiger E. The role of sucrose in guard cell osmoregulation. *Journal Experimental of Botany*, 1998; 49: p329-337.
- White P.J.; Karley A.J. Potassium. In: *Cell biology of metals and nutrients* (R. Hell and R. R Mendel, eds.), *Plant Cell Monographs* 17, 2010. p. 199–224. Springer, Dordrecht. In Marschner, P. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, third ed. Academic Press, San Diego, 2012, 672 p.
- Wutscher, H.K.; Cohen, M.; Young, R.H. Zinc and water-soluble phenolic levels in the wood for the diagnosis of citrus blight. *Plant Disease Reporter*, Beltsville, 1977; v.61, n.7, p.572-576.
- Wutscher, H.K. Seasonal changes in zinc and water-soluble phenolics in the outer trunk wood of healthy and blight-affected sweet orange trees. *Hortscience*, Alexandria, 1981; v.16, n.2, p.157-158.
- Wutscher, H.K. Soil pH and extractable elements under blight-affected and healthy citrus trees on six Florida soils. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, Alexandria, 1989; v.114, n.4, p.611-614.
- Wutscher, H. K.; Hardesty, C. Concentrations of 14 elements in tissue of blight affected and healthy "Valencia" orange trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1979; v. 104, n.1, p. 9-11.
- Zeiger E.; Farquhar G.D.; Cowan I.R. *Stomatal Function*. Stanford Univ Press, Stanford, 1987.
- Zeiger E.; Field C.; Mooney H.A. Stomatal opening at dawn: Possible roles of the blue light response in nature. In: H Smith (ed). *Plants and the Oaylight Spectrum*. Academic Press, London, 1981, p391-407.
- Zhang, Y.; Wang, N. Exploration of the causal agent of citrus blight using metagenomic approaches. *Amer phytopathological soc*, 2014; v.104, p135.
- Zhang, Y.; Barthe, G.; Grosser, J.W.; Wang, N. Transcriptome analysis of root response to citrus blight based on the newly assembled Swingle citrumelo draft genome. *BMC Genomics*, v.17, 2016, p.485.

### 3. CAPÍTULO II- DINÂMICA NUTRICIONAL DE LARANJEIRAS DURANTE O ANO AGRÍCOLA NOS ESTADOS DE SÃO PAULO, PARANÁ E GOIÁS.

#### 3.1 RESUMO

A citricultura brasileira atualmente é a maior do mundo, com 74% de participação no mercado mundial. Com a expansão da citricultura no país em meados dos anos 1990, novos Estados começaram a formar polos citrícolas, entre eles os estados do Paraná e de Goiás. Para compreender as particularidades dos pomares citrícolas em cada região, foram analisados os estados nutricionais de pomares irrigados e não irrigados, nos estados de São Paulo, Paraná e Goiás, nas épocas de novembro, janeiro, março, maio e julho durante uma mesma safra. O teor de nutrientes nas folhas seguiram a seguinte ordem  $C > Ca > N > K > Mg > P$  para os macronutrientes e  $Cu > Fe > B > Mn > Zn > Ni > Mo$  para os micronutrientes, independente do local de cultivo e de presença ou não de irrigação. Houve correlação entre os nutrientes C/N, P/K, P/Mg, K/Mg, K/B, Cu/B, B/Mn e Mn/Zn na maioria das propriedades analisadas.

**Palavras-chave:** *Citrus sinensis*, avaliação do estado nutricional, ambientes de produção, antagonismo entre nutrientes, diagnose foliar, sinergismo entre nutrientes.

### 3.2 ABSTRACT

Brazilian citriculture is currently the largest in the world, with a 74% share in the world market. With the expansion of citriculture in the country in the mid-1990s, new states began to form citrus poles, including the states of Paraná and Goiás. To understand the particularities of citrus orchards in each region, we analyzed the nutritional status of irrigated orchards and non-irrigated, in the states of São Paulo, Paraná and Goiás, during November, January, March, May and July during the same harvest. The nutrient content in the leaves followed the order C > Ca > N > K > Mg > P for macro nutrients and Cu > Fe > B > Mn > Zn > Ni > Mo for micronutrients, regardless of the cultivation site and Presence or absence of irrigation. There was a correlation between the nutrients C / N, P / K, P / Mg, K / Mg, K / B, Cu / B, B / Mn and Mn / Zn in most of the analyzed properties.

**Key-words:** *Citrus sinensis*, evaluation of nutritional status, production environments, nutrient antagonism, foliar diagnosis, synergism among nutrients.

### 3.3 INTRODUÇÃO

A citricultura no Brasil surgiu quando os portugueses introduziram as primeiras sementes de laranja doce nos Estados da Bahia e São Paulo entre 1530 e 1540 (Neves & Jank, 2006), porém somente na década de 1930 a citricultura começou a ser implantada comercialmente nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Bahia.

No Paraná teve início na região Noroeste do estado, no final da década de 1980, após a retirada da barreira sanitária que o denominava como uma área de risco, pela presença do cancro cítrico (doença causada pela bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*), impedindo de exportar frutos para outros estados e países.

Com a expansão da citricultura no país, iniciou a citricultura comercial no estado de Goiás no começo do século XXI, por possuir condições climáticas semelhantes às apresentadas nos grandes polos produtores de citros de São Paulo, porém com menores custos para aquisição de terras.

Em 2014, o crescimento da produção brasileira de suco de laranja chegou a representar 57% da produção mundial e 98% do que é produzido no país é exportado, conferindo ao Brasil 74% de participação no mercado mundial (United States Department of Agriculture, 2015).

A cultura do citros é uma cultura perene que exige altos investimentos de seus produtores. Altas aplicações de fertilizantes são feitas na cultura, porém a obtenção de altas produtividades é o resultado de uma complexa interação entre clima, solo e planta (Amado et al., 2010; Carvalho, 2010).

Altas aplicações de fertilizantes podem apresentar uma ação satisfatória, individualmente, com resposta da planta em produção, mas em excesso, podem afetar outros nutrientes através de fatores como antagonismo, inibição e sinergismo na absorção pela planta (Amado et al., 2010).

Com o avanço das áreas citrícolas no país, existe a necessidade de compreender se ocorrem variações ou similaridades entre os pomares citrícolas das diferentes regiões de cultivo no Brasil quanto ao seu estado nutricional e com isso, estabelecer estratégias de adubação adequadas.



O objetivo desse trabalho foi acompanhar o estado nutricional de pomares citrícolas durante todo o ano agrícola nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas seis propriedades, sendo duas no Noroeste do estado do Paraná, denominadas Fazenda São Paulo, localizada no Município de Paranavaí, com altitude média de 425 m e Fazenda São Luís, localizada no Município de Cruzeiro do Oeste, com altitude média de 527 m, ambas possuindo classificação climática de Kröppen-Geiger Cfa (Clima subtropical úmido); duas no estado de São Paulo, denominadas Fazenda Santa Terezinha, irrigada por gotejamento, localizada no município de Espírito Santo do Turvo, com altitude média de 520 m e Fazenda Palmeiras, localizada no município de Cerqueira César, com altitude média de 737 m, ambas com classificação climática de Kröppen-Geiger Aw (Clima tropical com estação seca); duas áreas da Fazenda Laranjeira, localizadas em Goiás, sendo uma área irrigada e outra não irrigada, localizadas no Município de Hidrolândia, região metropolitana de Goiânia, com altitude média de 814 m e classificação climática de Kröppen-Geiger Aw (Clima tropical com estação seca) (Alvarez et al., 2013; INMET, 2015).

Na Tabela 2.1 são apresentados os dados das análises de solo das propriedades no ano de 2015.

Tabela 2.1- Análise de solo das quadras avaliadas nas propriedades de SP, PR e GO, na profundidade de 0 a 20 cm.

Fazenda	pH	MO g kg <sup>-1</sup>	K -----mmolc kg <sup>-1</sup> -----	Ca	Mg	H+ Al	SB	CTC	V%
Santa Terezinha	4,8	10,0	2,5	11,0	3,0	25,0	16,5	41,5	40,0
Palmeiras	5,6	14,0	1,0	38,0	22,0	15,0	61,0	76,0	80,0
São Paulo	5,0	24,8	1,1	12,9	3,4	13,6	17,4	30,9	56,1
São Luís	4,6	26,9	0,6	9,2	2,4	25,8	12,2	38,0	32,2
Laranjeira Irrigado	5,6	38,4	2,0	49,1	10,5	26,1	61,5	87,6	70,3
Laranjeira não Irrigado	5,6	26,4	2,5	37,6	12,2	18,8	52,3	71,1	73,6

Fazenda	P	S	Zn	Mn	Cu	B	Fe
	-----mg kg <sup>-1</sup> -----						
Santa Terezinha	40,0	-----	1,8	11,2	3,2	0,5	41,0
Palmeiras	54,0	-----	1,8	1,9	4,7	0,7	29,0
São Paulo	15,0	12,3	3,7	30,7	22,0	0,5	43,1
São Luís	41,1	1,0	0,8	14,2	4,2	0,5	66,2
Laranjeira Irrigado	119	11,2	-----	-----	-----	-----	-----
Laranjeira não Irrigado	57,9	5,5	-----	-----	-----	-----	-----

Nas propriedades de São Paulo e do Paraná foram selecionadas 25 plantas de Laranja Pera (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) sobre porta enxerto de tangerineira 'Sunki' (*C. sunki* Hort.). Nas áreas da Fazenda Laranjeira, em GO, foram selecionadas 25 plantas de Laranja Pera (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) sobre porta enxerto de limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osb.), por ser o único porta enxerto presente na região, utilizando plantas de área irrigada e plantas de área não irrigada. Todas as plantas selecionadas nas áreas se encontravam na mesma quadra, foram devidamente demarcadas e utilizadas para avaliação de estado nutricional através de análise foliar durante a safra 15/16.

Na Tabela 2.2 são apresentados os dados dos laranjais e da produtividade média do talhão avaliado. A produtividade é em caixas de 40,8 kg por planta e por hectare na safra 2015/2016. As diferenças observadas entre as produtividades por planta e por hectare refletem ao número de plantas existentes por hectare, já que os espaçamentos entre plantas diferem dentre as propriedades.

Tabela 2.2- Variedade, porta enxerto, ano de plantio e produtividade em caixas por planta e por hectare na safra 2015/2016 nas propriedades de SP, PR e GO.

Fazenda	Variedade	Porta Enxerto	Ano de Plantio	Produtividade	
				(cx planta <sup>-1</sup> )	(cx ha <sup>-1</sup> )
Santa Terezinha	Pera Rio	Sunki	2004	1,1	611
Palmeiras	Pera Rio	Sunki	2006	1,9	1.083
São Paulo	Pera Rio	Sunki	2005	2,2	1.221
São Luís	Pera Rio	Sunki	2010	2,0	1.322
Laranjeira Irrigado	Pera Rio	Cravo	2004	3,5	1250
Laranjeira não Irrigado	Pera Rio	Cravo	2010	1,2	500

As coletas de folhas ocorreram nos meses de novembro/15; janeiro/16; março/16; maio/16 e julho/16 para as propriedades em São Paulo e Paraná, enquanto que nas áreas de Goiás, elas ocorreram nos meses de janeiro/16; março/16; maio/16 e julho/16.

Foram coletadas duas folhas de cada lado da rua nas 25 plantas, formando uma amostra composta por 100 folhas, utilizando-se como parâmetro de seleção de folha adaptado de Malavolta et al. (1997). Segundo este autor, deve-se coletar de quatro folhas por planta, sendo uma em cada face da planta (posição sul, leste, norte e oeste); pegando a terceira ou quarta folha de ramos frutíferos, com frutos de 2 a 4 cm de diâmetro, localizada a partir de um ramo com fruto único e em posição terminal no ramo. Devido ao plantio mais adensado, utilizou-se como parâmetro de posição na planta apenas os lados da rua, e após as coletas, as folhas foram armazenadas em geladeira até serem levadas para laboratório. Foram realizadas quatro repetições em todas as coletas.

As folhas foram lavadas com detergente neutro e enxaguadas em água corrente. Após a lavagem, foram colocadas em solução de HCl 0,3N e enxaguadas com água deionizada. O material foi colocado então em estufa com temperatura controlada em torno de 60°C por no mínimo 48 horas para secagem e moídos utilizando moinho tipo “Wiley” para os pedaços de tronco e moedor de café para a trituração das folhas até tamanho menor que 2 mm.

Para a digestão do material vegetal, foram pesados 0,2 gramas de material e adicionados 7 mililitros de ácido nítrico em concentração de 2 volumes de ácido nítrico para um volume de água Milli-Q; e mais 2 mililitros de peróxido de hidrogênio. Foi utilizado micro-ondas laboratorial modelo MARS 6 – CEM, com configuração de curva de velocidade de aquecimento controlado para atingir 180°C em 20 minutos e manter a temperatura de 180°C por mais 10 minutos (EMBRAPA, 2009).

Após o resfriamento do material digerido, o material foi retirado dos tubos utilizados no carrossel do micro-ondas com uma tríplice lavagem utilizando água Milli-Q, filtrado utilizando papel filtro laboratorial classificação azul e armazenados em frascos de amostragens de plástico. Foram realizadas

as leituras dos nutrientes P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, Mo e Ni através do ICP modelo VARIAN 720 ES.

Para a leitura do carbono e do nitrogênio, aproximadamente 20 miligramas de amostra foram pesadas e empacotadas em cápsula de estanho, sendo a determinação feita por combustão, em analisador elementar CNHS Modelo VARIO EL III - Elementar®.

Todas as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal do Paraná, Campus do Setor de Ciências Agrárias, em Curitiba-PR.

Os dados foram analisados graficamente no tempo e realizado a correlação para verificar a relação entre nutrientes.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 2.1 a 2.3 representadas abaixo, indicam os teores dos macronutrientes C, N, P, K, Ca, Mg e dos micronutrientes Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni, de acordo com as coletas realizadas em cada local. A faixa cinza nas figuras indica a faixa de nível ótimo de cada nutriente para a cultura dos citros, segundo o manual de adubação do grupo paulista de adubação e calagem para citros (GPACC, 1997), apresentada na Tabela 2.3.

Os manuais de recomendações para adubação em citros utilizados no Brasil não apresentam níveis ideais de Carbono e Níquel.

Tabela 2.3- Teores de nutrientes em citros associados a altas produtividades (GPACC, 1997).

Macronutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g kg <sup>-1</sup> -----						
	24-26	1,2-1,7	10-14	35-40	2-3	2,0-2,5
Micronutrientes	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
-----mg kg <sup>-1</sup> -----						
	60-140	10-30	130-300	25-50	0,15-0,30	25-50

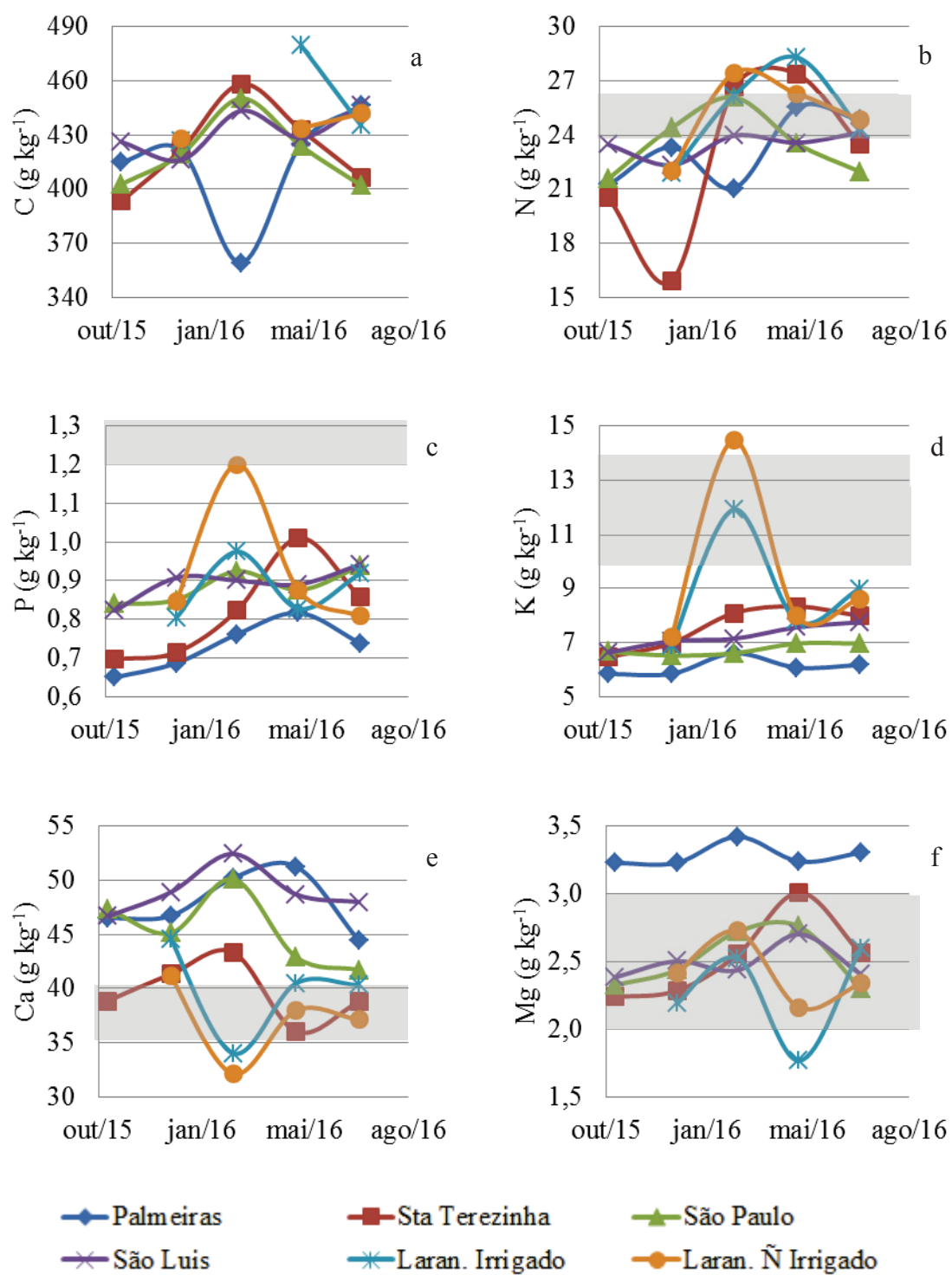


Figura 2.1- Variação dos teores foliar de C, N, P, K, Ca, Mg em  $\text{g kg}^{-1}$  durante a safra 2015/16 nas propriedades de SP, PR e GO.

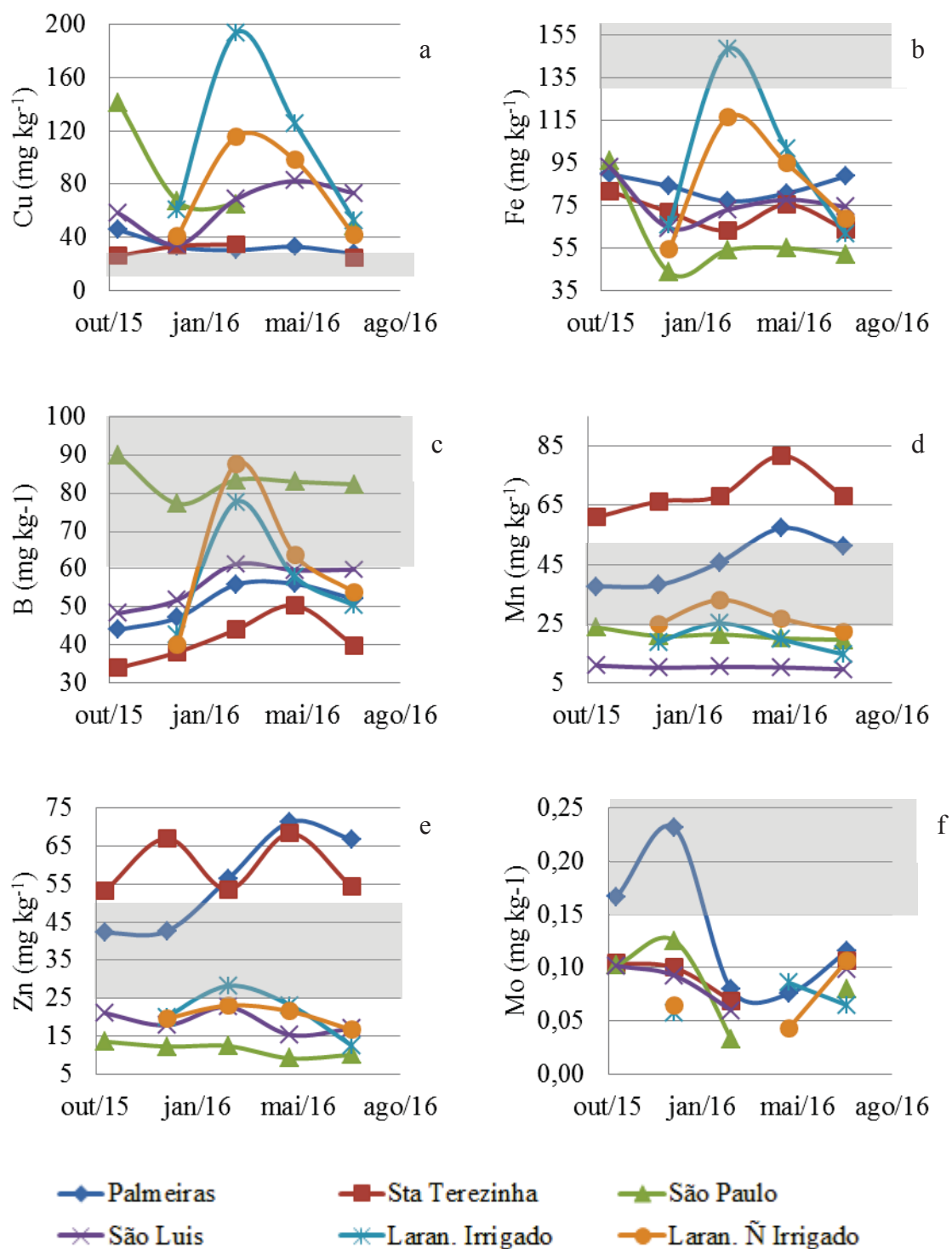


Figura 2.2- Variação dos teores foliar de Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo em mg kg<sup>-1</sup> durante a safra 2015/16 nas propriedades de SP, PR e GO.

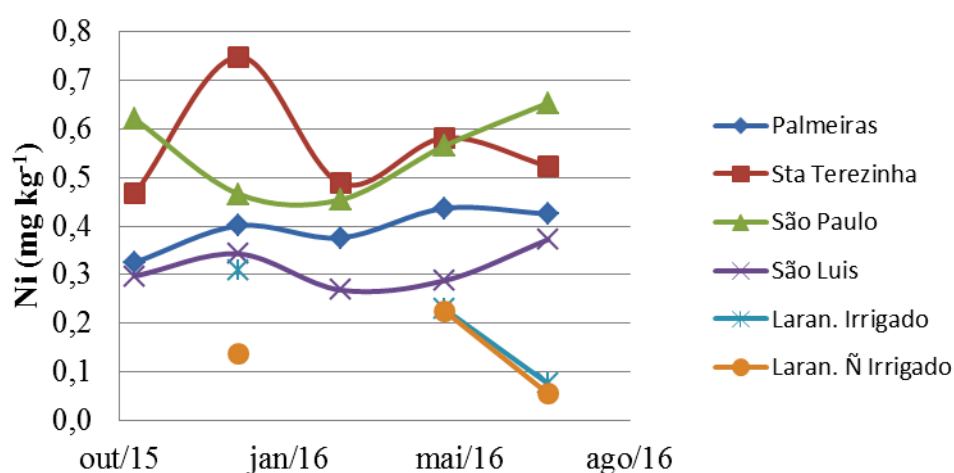


Figura 2.3- Teor de Ni foliar em  $\text{mg kg}^{-1}$  durante a safra 15/16 nas propriedades de SP, PR e GO.

Com o aumento da área foliar e da disponibilidade de luz, as plantas tendem a acumular mais carbono, através do aumento de fotossíntese e fixação do carbono atmosférico (Lima et al., 2016).

Devido a isso, o teor de carbono e nitrogênio aumentou na época de verão em quase todas as propriedades, com exceção da fazenda Palmeiras, em SP onde o teor de carbono diminuiu nesse período, juntamente com o teor de nitrogênio, responsável pelo aumento da área foliar nas plantas, entrando na faixa de nível adequado de N a partir do mês de março.

Na coleta de janeiro, o teor de carbono foi próximo a  $430 \text{ g kg}^{-1}$  em todas as propriedades e o mesmo aconteceu no mês de maio, com exceção da fazenda Laranjeira em sua área irrigada, que apresentou no mês de maio teor de carbono próximo a  $480 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 2.1 a). Nessa época, os pomares são irrigados na região de Goiás, devido ao período de seca. Com a chegada do período de inverno, ocorreu uma grande redução dos teores de carbono, ficando com valores próximos aos da área não irrigada e das propriedades Palmeiras-SP e São Luís-PR.

A propriedade Santa Terezinha-SP, que possui irrigação, a movimentação de C (Figura 2.1 a) e N (Figura 2.1 b) foi muito semelhante à propriedade São Paulo-PR, mesmo esta sendo uma propriedade não irrigada.

O fósforo, um elemento em que durante todo o ano se encontrou abaixo dos níveis ideais em todas as propriedades nos três estados (Figura 2.1 c).



Segundo GPACC (1997), os teores adequados de P variam entre 1,2 e 1,7 g kg<sup>-1</sup>, porém não foram observados sintomas visuais de deficiência de fósforo nos pomares.

O fósforo apresentou um comportamento de distribuição semelhante entre as propriedades do mesmo estado, porém diferiu de estado para estado. Houve maior acúmulo nos meses de janeiro a março para as propriedades em Goiás, período de safra na região; e nos meses de maio para as propriedades do estado de São Paulo e em julho para as propriedades do Paraná.

O potássio apresentou um comportamento de distribuição semelhante entre as propriedades do mesmo estado, porém diferiu de estado para estado. Apenas as áreas de Goiás atenderam os níveis ideais de K<sup>+</sup> e somente no período de safra. Os acúmulos do elemento nos períodos de início de safra aconteceram também nas outras regiões. Isso ocorre, pois o K<sup>+</sup> é o elemento mais exportado para o fruto, chegando a atingir 70% do total contido nas plantas (Marchal & Lacoeyllhe, 1969). Nas áreas do PR, o potássio apresentou uma tendência de se manter constante.

O comportamento do Ca foi antagônico ao do K e ao do Mg (Figura 2.1 d), indicando uma inibição de absorção de um nutriente pelo outro. Sua tendência de acúmulo mínimo nas folhas nas épocas de safra e máximo nas épocas de entressafra ocorre, pois a inter-relação entre os nutrientes Ca, K e Mg está relacionada às suas propriedades químicas próximas, como o raio iônico, valência, grau de hidratação e mobilidade, fazendo com que haja competição pelos sítios de adsorção no solo, e na absorção pelas raízes (Medeiros et al., 2008).

O cálcio, elemento mais exigido na cultura dos citros (Malavolta, 1997) foi o nutriente com os maiores teores nas folhas. Os valores foram acima dos ideais durante quase todos os períodos analisados e para quase todas as propriedades, com exceção da fazenda Laranjeira em área não irrigada (Figura 2.1 e). Esse comportamento da fazenda Laranjeira na área não irrigada poderia ser explicado pela baixa disponibilidade hídrica, já que seu mecanismo de contato principal é por fluxo de massa. Porém, seus menores níveis ocorrem justamente na época chuvosa na região.

Mesmo com a informação de que ocorre relações antagônicas entre K e Mg (Souza & Lobato, 2004; Silva et al., 2016), não se observou essa relação no presente estudo. Isso ocorreu provavelmente devido aos valores elevados de Ca encontrados, o que acabou sendo predominante nas relações entre os três macronutrientes.

Foi constatado que mesmo tendo uma movimentação semelhante ao K durante o ano, as áreas que apresentaram maiores teores de K, consequentemente apresentaram os menores teores de Mg (Figura 2.1 f).

Todas as áreas apresentaram níveis ideais de Mg durante praticamente todo o ciclo, e a propriedade Palmeiras apresentou valor acima dos ideais durante todos os períodos (Figura 2.1 f).

Foi observado que os maiores teores de Mn se encontraram nas áreas de São Paulo, seguidos de Goiás e Paraná (Figura 2.2 d). Somente o estado de SP e a área não irrigada em GO apresentaram teores de Mn considerados ideais ou altos. Esse elemento apresentou uma movimentação idêntica entre as áreas nos mesmos estados; independente de possuir irrigação ou não.

A movimentação de Fe teve a mesma tendência entre propriedades do mesmo estado e seus maiores valores foram encontrados na região de Goiás (Figura 2.2 b) e uma movimentação foi semelhante ao N e ao P nas plantas (Figura 2.1 b; c).

O Cu, o Fe (Figura 2.2 a; b) e o Ca (Figura 2.1 e) foram os únicos elementos que apresentaram maiores valores em plantas irrigadas comparadas às plantas não irrigadas na região de GO.

As áreas de SP apresentaram deficiência de B durante todo o ano (Figura 2.2 c). O comportamento de acúmulo e redução do B foi semelhante ao N (Figura 2.1 b), K (Figura 2.1 c), Fe (Figura 2.2 b) e ao Zn (Figura 2.2 e).

A movimentação de Zn teve uma tendência semelhante para as áreas pertencente ao mesmo estado durante quase todos os períodos e a região de SP apresentou um comportamento de movimentação inverso às outras regiões.

O Mo não apresentou movimentação característica entre propriedades de mesma região (Figura 2.2 f), mas muito semelhante entre áreas de regiões diferentes, como a fazenda Palmeiras-SP e São Paulo-PR; a fazenda Santa Terezinha-SP e São Luís-PR. Houve antagonismo entre a área irrigada e não

irrigada em GO. Na coleta realizada no mês de julho/2016, as propriedades Palmeiras, Santa Terezinha, São Luís e a área não irrigada da fazenda Laranjeira apresentaram valores semelhantes de Mo.

Os menores valores de Ni (Figura 2.3) aconteceram na região de Goiás, tendo comportamento semelhante entre suas áreas. O mesmo comportamento foi observado entre as áreas de SP.

A Tabela 2.4 indica os níveis médios de cada nutriente analisado, representando as propriedades PA=Palmeiras; ST= Santa Terezinha; SP= São Paulo; SL= São Luís; LI= Laranjeira na área irrigada e LN= Laranjeira na área não irrigada. As cores apresentadas nas figuras indicam ainda as faixas de cada nutriente, sendo a ausência de cor representando nutriente que não apresentam faixa de valores nutricionais conhecidos para citros; cinza claro representando níveis muito baixos do nutriente; cinza representando níveis baixos do nutriente; cinza escuro representando níveis adequados do nutriente e preto representando níveis altos do nutriente, segundo o manual de recomendação nutricional para citros GPACC (1997) apresentado na Tabela 2.3.

Tabela 2.4– Teor foliar médio de nutrientes na safra 2015/16 e classificação segundo a faixa nutricional proposta por GPACC (1997) para as propriedades de SP, PR e GO.

Nutriente	Propriedades					
	PA	ST	SP	SL	LI	LN
C (g kg <sup>-1</sup> )	413,29	422,58	419,67	432,11	446,99	434,46
N (g kg <sup>-1</sup> )	23,18	22,78	23,51	23,49	25,16	25,13
P (g kg <sup>-1</sup> )	0,73	0,82	0,89	0,89	0,88	0,93
K (g kg <sup>-1</sup> )	6,12	7,58	6,75	7,24	8,90	9,57
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	47,80	39,69	45,44	48,92	39,85	37,11
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	3,28	2,53	2,51	2,49	2,00	2,41
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	33,99	29,78	80,55	63,44	108,16	74,05
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	84,00	71,20	60,17	76,48	94,28	83,58
B (mg kg <sup>-1</sup> )	51,01	41,25	83,15	56,18	57,19	61,32
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	45,94	69,00	21,16	10,30	19,63	26,83
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	55,78	59,21	11,56	18,84	21,04	20,25
Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	0,13	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	0,39	0,56	0,55	0,31	0,21	0,14

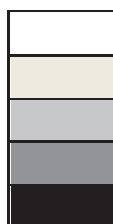
Sem Referência

Muito Baixo

Baixo

Adequado

Alto



O Ca, elemento mais exigido na cultura dos citros (Malavolta, 1997), teve seu nível médio alto para as propriedades Palmeiras, São Paulo, São Luís e muito próximos ao alto nas propriedades Santa Terezinha e Laranjeira na área irrigada (Tabela 2.4).

Diferente do esperado, mesmo com altos valores de Ca, os valores de Mo ficaram abaixo dos ideais para todas as áreas, porém não foram observados sintomas visuais de deficiência do elemento durante todas as coletas.

Os valores de Cu encontrados nas análises do solo (Tabela 2.1) não correspondem ao alto teor de Cu encontrado nas análises foliares em todas as áreas trabalhadas (Tabela 2.4). Esses altos teores de Cu foliar ocorreram devido a sucessivas aplicações de produtos cúpricos utilizados como fungicidas na citricultura, afetando seu real valor intrínseco na planta, mesmo após toda a recomendação de preparo do material analisado (EMBRAPA, 2009), já que esses teores seriam letais a planta.

Os teores de Ferro foram adequados nas análises de solo (Tabela 2.1), porém os teores na análise foliar ficaram abaixo dos ideais para a cultura em todas as regiões (Tabela 2.4).

Mesmo com valores de B nas análises de solos iguais ou acima dos encontrados nas outras regiões (Tabela 2.1), as maiores deficiências de B foram encontradas nas áreas de SP. O B também foi deficiente na Fazenda São Luís e apenas na área irrigada da Fazenda Laranjeira (Tabela 2.4).

O Zn, um dos elementos mais comuns de apresentar deficiência em citros (Malavolta et al., 1997), porém seus valores ficaram na faixa de limites ideais nas propriedades do PR e GO e acima dos ideais nas propriedades de SP.

As Tabelas 2.5 a 2.16 apresentadas abaixo demonstram a correlação de Pearson observada entre os nutrientes em todas as propriedades avaliadas. Foi considerada correlação significativa os valores acima de 0,60 (Dancey & Reidy, 2006) e representados pelo quadro cinza. Apenas quando valores de correlação significativa, positivos ou negativos, foram encontrados na metade das propriedades analisadas, foram considerados a não casualidade da correlação entre os nutrientes.

Tabela 2.5- Correlação entre C com N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.

	C/N	C/P	C/K	C/Ca	C/Mg	C/Cu	C/FE	C/B	C/Mn	C/Zn	C/Mo	C/Ni
Palmeiras	0,91	-0,06	-0,54	-0,23	-0,41	-0,16	0,20	-0,08	0,24	0,21	0,05	-0,06
Sta Terezinha	0,92	0,18	0,29	0,12	0,35	0,60	-0,10	0,39	0,25	0,20	-0,07	0,06
São Paulo	0,87	0,00	-0,38	0,36	0,55	-0,29	-0,35	-0,22	-0,04	-0,28	-0,41	-0,42
São Luis	0,97	0,09	0,20	0,08	0,11	0,13	-0,15	0,07	-0,17	0,18	-0,34	-0,08
Laran. irrigado	0,86	-0,14	0,14	-0,34	-0,05	0,56	0,75	0,52	0,10	0,52	0,26	0,44
Laran. ã irrigado	0,66	-0,28	0,51	-0,18	0,10	-0,16	0,30	0,41	-0,43	-0,19	0,21	-0,16

Tabela 2.6- Correlação entre N com P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.

	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	N/Cu	N/Fe	N/B	N/Mn	N/Zn	N/Mo	N/Ni
Palmeiras	0,31	-0,35	0,03	-0,34	-0,42	-0,04	0,30	0,51	0,48	-0,04	-0,03
Sta Terezinha	0,50	0,55	-0,07	0,62	0,59	-0,07	0,65	0,52	0,38	-0,07	0,12
São Paulo	0,12	-0,34	0,35	0,53	-0,49	-0,54	-0,38	-0,11	-0,06	-0,27	-0,45
São Luis	0,04	0,21	0,05	0,13	0,16	-0,09	0,04	-0,03	0,16	-0,43	-0,07
Laran. irrigado	0,43	0,53	-0,43	0,19	0,39	0,71	0,60	0,33	0,47	0,34	0,08
Laran. ã irrigado	0,47	0,52	-0,63	0,15	0,48	0,42	0,66	0,48	0,50	0,13	0,05

Tabela 2.7- Correlação entre P com K, Ca, Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.

	P/K	P/Ca	P/Mg	P/Cu	P/Fe	P/B	P/Mn	P/Zn	P/Mo	P/Ni
Palmeiras	0,42	0,57	0,24	-0,52	-0,44	0,88	0,79	0,77	0,07	0,16
Sta Terezinha	0,85	-0,52	0,92	-0,07	-0,14	0,84	0,82	0,31	-0,30	-0,04
São Paulo	0,61	0,08	0,19	-0,45	-0,27	0,11	-0,20	-0,05	-0,26	0,21
São Luis	0,51	0,37	-0,10	0,28	-0,55	0,62	-0,45	-0,21	-0,09	0,06
Laran. irrigado	0,87	-0,83	0,83	0,50	0,59	0,75	0,35	0,17	0,08	-0,81
Laran. ã irrigado	0,95	-0,79	0,75	0,73	0,69	0,87	0,91	0,45	0,05	0,19

Tabela 2.8- Correlação entre K com Ca, Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.

	K/Ca	K/Mg	K/Cu	K/Fe	K/B	K/Mn	K/Zn	K/Mo	K/Ni
Palmeiras	0,31	0,64	-0,40	-0,46	0,59	0,24	0,30	0,33	0,07
Sta Terezinha	-0,18	0,79	0,21	-0,43	0,75	0,68	0,17	-0,24	-0,06
São Paulo	-0,05	0,10	0,11	0,13	0,45	0,10	0,04	-0,02	0,50
São Luis	0,10	0,44	0,33	-0,33	0,61	-0,53	-0,50	-0,21	0,17
Laran. irrigado	-0,96	0,64	0,73	0,81	0,91	0,62	0,47	0,50	-0,67
Laran. ã irrigado	-0,86	0,78	0,67	0,69	0,90	0,83	0,41	0,50	-0,30

Tabela 2.9- Correlação entre Ca com Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.

	Ca/Mg	Ca/Cu	Ca/Fe	Ca/B	Ca/Mn	Ca/Zn	Ca/Mo	Ca/Ni
Palmeiras	0,36	-0,05	-0,52	0,62	0,44	0,33	0,05	0,16
Sta Terezinha	-0,53	0,73	-0,38	-0,19	-0,37	-0,21	0,23	-0,18
São Paulo	0,32	0,40	0,32	0,50	0,76	0,65	-0,41	-0,08
São Luis	0,13	0,20	-0,45	0,63	0,21	0,36	-0,27	-0,21
Laran. irrigado	-0,60	-0,75	-0,80	-0,91	-0,65	-0,49	-0,60	0,53
Laran. ã irrigado	-0,44	-0,70	-0,67	-0,83	-0,60	-0,22	-0,09	-0,15

Tabela 2.10- Correlação entre Mg com Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP, PR e GO.

	Mg/Cu	Mg/Fe	Mg/B	Mg/Mn	Mg/Zn	Mg/Mo	Mg/Ni
Palmeiras	-0,31	-0,26	0,45	0,17	0,23	0,23	0,23
Sta Terezinha	0,06	-0,11	0,78	0,81	0,27	-0,44	-0,04
São Paulo	-0,18	-0,29	-0,03	-0,09	-0,16	-0,44	-0,33
São Luis	-0,42	-0,34	0,18	-0,01	-0,59	0,17	-0,11
Laran. irrigado	0,25	0,22	0,47	-0,04	-0,15	0,12	-0,73
Laran. ã irrigado	0,21	0,30	0,52	0,62	0,18	0,18	0,10



Tabela 2.11- Correlação entre Cu com Fe, B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP,PR e GO.

	Cu/Fe	Cu/B	Cu/Mn	Cu/Zn	Cu/Mo	Cu/Ni
Palmeiras	0,46	-0,65	-0,41	-0,46	-0,09	-0,22
Sta Terezinha	-0,24	0,56	0,41	0,52	0,26	0,10
São Paulo	0,94	0,63	0,82	0,64	0,16	0,26
São Luis	0,38	0,64	0,02	0,22	-0,07	-0,06
Laran. irrigado	0,89	0,90	0,88	0,85	0,19	0,16
Laran. ã irrigado	0,90	0,82	0,78	0,58	-0,32	-0,01

Tabela 2.12- Correlação entre Fe com B, Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP,PR e GO.

	Fe/B	Fe/Mn	Fe/Zn	Fe/Mo	Fe/Ni
Palmeiras	-0,49	-0,10	-0,10	-0,41	0,19
Sta Terezinha	-0,16	-0,18	-0,04	-0,26	0,49
São Paulo	0,64	0,74	0,51	0,08	0,35
São Luis	-0,30	0,49	0,26	0,02	-0,03
Laran. irrigado	0,95	0,85	0,83	0,32	0,30
Laran. ã irrigado	0,82	0,68	0,39	-0,03	-0,12

Tabela 2.13- Correlação entre B com Mn, Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP,PR e GO.

	B/Mn	B/Zn	B/Mo	B/Ni
Palmeiras	0,80	0,79	0,05	0,25
Sta Terezinha	0,92	0,54	-0,03	0,04
São Paulo	0,73	0,36	-0,27	0,61
São Luis	-0,27	-0,15	-0,18	-0,02
Laran. irrigado	0,79	0,71	0,53	-0,30
Laran. ã irrigado	0,85	0,47	0,05	-0,21

Tabela 2.14- Correlação entre Mn com Zn, Mo e Ni nas fazendas de SP,PR e GO.

	Mn/Zn	Mn/Mo	Mn/Ni
Palmeiras	0,97	-0,34	0,28
Sta Terezinha	0,68	0,32	-0,04
São Paulo	0,74	-0,10	0,20
São Luis	0,40	-0,01	-0,16
Laran. irrigado	0,92	-0,03	0,54
Laran. ã irrigado	0,61	-0,40	-0,21

Tabela 2.15- Correlação entre Zn com Mo e Ni nas fazendas de SP,PR e GO.

	Zn/Mo	Zn/Ni
Palmeiras	-0,33	0,26
Sta Terezinha	0,72	0,22
São Paulo	0,20	-0,11
São Luis	-0,12	0,05
Laran. irrigado	-0,06	0,63
Laran. ã irrigado	-0,40	-0,35

Tabela 2.16- Correlação entre Mo e Ni nas fazendas de SP,PR e GO.

	Mo/Ni
Palmeiras	-0,06
Sta Terezinha	-0,11
São Paulo	-0,21
São Luis	0,21
Laran. irrigado	-0,05
Laran. ã irrigado	-0,28

Houve correlação positiva entre C e o N nas folhas em todas as propriedades (Tabela 2.5). Isso ocorre, pois com o aumento de N, as plantas apresentam um aumento da área foliar da planta, com consequente aumento da fotossíntese e fixação do carbono atmosférico (Lima et al., 2016).

Segundo Primavesi et al. (2006), as aplicações de N tendem a aumentar o teor de Ca nas folhas, porém o presente trabalho não apresentou correlação positiva entre os elementos em nenhuma das propriedades, ocorrendo ainda uma correlação negativa entre esses elementos na fazenda Laranjeira em sua área não irrigada (Tabela 2.6).

A correlação positiva entre P e Mg (Tabela 2.7) devido a essencialidade do Mg para a formação da  $H^+$ -ATPases e  $H^+$ -PPases, além de ser utilizados para a sua ativação (Gaxiola et al., 2007; Neto et al., 2013). Essa correlação entre o P e o Mg influenciou a correlação positiva entre P e K, pois mesmo ocorrendo relações antagonistas entre K e Mg (Souza & Lobato, 2004; Silva et al., 2016), houve correlação positiva entre esses nutrientes em quatro dos seis pomares avaliados (Tabela 2.8). Isso ocorreu devido aos elevados teores de Ca encontrados,

predominando nas relações de competição entre os três macronutrientes (Partelli et al., 2014).

A correlação entre P com o B (Tabela 2.7) foram observados também por Silva (2016) em plantas cítricas no estado do Amazonas.

A correlação positiva entre o P e o Mn (Tabela 2.7) teve um comportamento inverso ao encontrado na literatura. Segundo Moreira et al. (2006) e Gonçalves et al. (2011), o aumento de P é um fator que proporciona a menor disponibilidade do Mn para as plantas, porém isso foi observado apenas nas fazendas São Paulo e São Luís, que também foram as propriedades com os menores teores de Mn. Nas fazendas Palmeiras, Santa Terezinha e Laranjeira na área não irrigada foram encontradas correlações positivas entre esses nutrientes.

O mesmo foi observado em relação ao Fe e ao Cu em relação ao Mn (Tabelas 2.11 e 2.12), na maioria das propriedades que tiveram correlação positiva, não demonstrando inibição competitiva entre esses nutrientes.

A correlação positiva entre o Mn e o K (Tabela 2.8) aconteceu devido ao antagonismo de ambos com o Ca, pois o aumento do pH resulta na indisponibilidade de Mn (Moreira et al., 2006). As propriedades com maiores correlações positivas entre K e Mn também tiveram as maiores correlações negativas entre esses nutrientes com o Ca (Tabela 2.9).

A correlação entre o P e B (Tabela 2.7) foi observada também por Silva (2016) em plantas cítricas no estado do Amazonas.

Mattos Jr. et al. (2017) relaciona a correlação entre o K e o B em plantas cítricas (Tabela 2.8) ao fato do B ser um importante ativador da  $H^+$  ATPase nas células das raízes, que realiza uma hiperpolarização do plasmalema, gerando uma subsequente absorção do K para equilibrar eletroquimicamente as células, como proposto por Schon et al. (1990) e por Britto and Kronzucker (2008).

Existe uma interação muito forte entre B e Zn, aonde na ausência de B há redução na eficiência de Zn na planta, e vice-versa (Hosseini et al., 2007; Araújo & Silva, 2012), porém essa correlação foi observada apenas em duas das seis propriedades avaliadas.

Hippler et al. (2015) mencionam que o Zn tem efeito de competição com o Mn, porém no presente trabalho o Mn apresentou correlação positiva com o Zn em 5 das 6 propriedades analisadas durante a safra 2015/2016 (Tabela 2.14).

Segundo Dechen e Nachtigall (2006), o B desempenha papel importante no metabolismo de N. Devido a isso, foi observada uma correlação positiva entre esses dois nutrientes na Fazenda Santa Terezinha e em ambas as áreas da Fazenda Laranjeira (Tabela 2.6).

São exigidas pelas plantas maiores quantidades de Fe com o aumento de N, em vista das funções do Fe em participar de reações fundamentais de oxirredução; como na ferredoxina e enzimas redutase; nitrogenase e sulfato redutase (Dechen & Nachtigall, 2006). Essa relação entre os dois nutrientes foi observada apenas na fazenda Laranjeira em sua área irrigada, sendo essa a área que apresentou a maior concentração de Fe nas plantas entre as propriedades (Tabela 2.4).

O Zn também possui efeito na concentração de N devido a sua participação no metabolismo da planta no crescimento vegetal, afetando a síntese e conservação de hormônios (Dechen & Nachtigall, 2006) como, por exemplo, na síntese de auxina (Taiz & Zeiger, 2006). Esse efeito foi observado, porém, os níveis de correlação entre os dois nutrientes nas propriedades analisadas ficaram um pouco abaixo dos valores de 0,60 (Dancey & Reidy, 2006) adotados no trabalho (Tabela 2.6).

### 3.6 CONCLUSÕES

Durante a safra 2015/2016, a ordem de teores foliares, independente da propriedade ou local de cultivo foi C>Ca>N>K>Mg>P para os macronutrientes e Cu>Fe>B>Mn>Zn>Ni>Mo para os micronutrientes, porém com aumento dos teores nutricionais em diferentes períodos no ano entre estados, formando uma distribuição específica para cada estado, o que indica uma necessidade de coleta em períodos definidos e para cada estado, permitindo que as análises foliares apresentem uma maior representação nutricional para as plantas.

Houve variação regional dos teores de nutrientes em função do Estado em que está a propriedade, porém, o P, K, Fe, Cu, e B aumentaram seus teores no período de pré-colheita em todas as propriedades.

A maioria dos teores de nutrientes estava próxima aos níveis adequados segundo os manuais de recomendação, com exceção do K, Fe, Mo, que tiveram teores abaixo dos ideais e do Ca juntamente com o Cu, que ficaram com teores acima dos ideais. O Zn por sua vez, apresentou a maior variação de faixa de nutrientes, apresentando teores acima dos adequados nas propriedades de São Paulo e abaixo dos ideais para as demais regiões.

### 3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift, Gebrüder Borntraeger, Stuttgart*, v. 22, n. 6, 2013, p. 711–728.
- Amado, T.J.C.; Schleindwein, J.A.; Fiorin, J.E. Manejo do solo visando a obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema de plantio direto. In: Thomas, A.L. & Costa, J.A., Soja, Manejo para alta produtividade de grãos. 1.ed. Porto Alegre, Evangraf, 2010. p.35-97.
- Araújo, E.O.; Silva, M. A. C. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Pernambuco*, v. 7, n. 1, p. 720-727, 2012.
- Britto D.V.; Kronzucker H.J. Cellular mechanism of potassium transport in plants. *Physiologia Plantarum*, 133, 2008; p.637–650.
- Carvalho, L.M. Características físicas e químicas de Laranja Pera, Natal e Valência provenientes de diferentes posições na copa. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2010.
- Dancey, C.; Reidy, J. Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre, Artmed, 2006.
- Dechen, R.A.; Nachtigall, G.R. Micronutrientes. In: Fernandes, M.S (ed). Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, do Sociedade Brasileira de Ciência Solo, 2006. p.327-354
- EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Ed: Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. Brasília-DF, 2009.
- Gaxiola, R.A.; Palmgren, M.G.; Schumacher, K. Plant proton pumps. *FEBS lett.* 581, 2007, p. 2204-2214.
- Gonçalves, G.K.; Meurer, E.J.; Bortolon, L.; Gonçalves, D.R.N. Relação entre óxidos de ferro e de manganês e a sorção de fósforo em solos no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2011; v. 35, n. 5, p. 1633-1639.
- GPACC (Grupo Paulista de Adubação e Calagem Para Citros). Frutíferas. In: Raij B.van.; Cantarella H.; Quaggio J.A.; Furlani A.M.C. eds., *Recomendações de*

- Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. IAC, Campinas. 1997, p. 121–134.
- Hippler, F.W.R.; Boaretto, R.M.; Quaggio, J.A.; Boaretto, A.E.; Abreu Jr, C.H.; Mattos Jr., D. Uptake and Distribution of Soil Applied Zinc by Citrus Trees. Addressing Fertilizer Use Efficiency with <sup>68</sup>Zn Labeling. PLOS ONE journal, 2015.
- Hosseini, S. M.; Maftoun, M.; Karimian, N.; Ronaghi, A.; Emam, Y. Effect of Zinc x Boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of corn. Journal of Plant Nutrition, London, 2007; v. 30, n. 5, p. 773-781.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2015. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>>. Acesso em: 24 set. 2016.
- Köppen, W.; Geiger, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm. 1928
- Lima, R. T.; Nascimento, V.; Andreani JR., R. Densidade de plantas e fontes de nitrogênio no cultivo de feijoeiro. Brazilian Journal of Biosystems Engineering v.10(3): 2016; p.327-338.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997; p.234.
- Marchal, J.; Lacoëuilhe, J.J. Bilan mineral du mandarinier. Fruits, Paris, 24(6), 1969; p.299-318. In Malavolta, E.; Violante Netto, A. Nutrição mineral, calagem, Gessagem e adubação dos citros. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989; p.153.
- Mattos Jr, D.; Hippler, F.W.R.; Boaretto, R.M.; Stuchi, E.S.; Quaggio, J.A. Soil boron fertilization: the role of nutrient sources and rootstocks in citrus production. Journal of Integrative Agriculture, 2017; v.16.
- Medeiros, J.C.; Albuquerque, J.A.; Mafra, A.L.; Rosa, J.D.; Gatiboni, L.C.; Calcium:magnesium ratio in amendments of soil acidity: nutrition and initial development of corn plants in a Humic Alic Cambisol. Ciências Agrárias, Londrina, 2008; v. 29, n. 4, p. 799-806.
- Moreira, S.G.; Prochnow, L.I.; Kiehl, J.C.; Neto, L.M.; Pauletti, V. Formas químicas, disponibilidade de manganês e produtividade de soja em solos sob

- semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2006; v. 30, n. 6, p. 121-136.
- Neto, A. P.; Favarin, J. L.; Carvalho, P. P. T.; Tezotto, T.; de Souza, K. M. Cinética de absorção de fósforo em razão do teor de magnésio em cafeeiro em Fitotecnia, E. D. D., em Fitotecnia, E. D. M. 2013.
- Neves, M. F.; Jank, M. S. Perspectivas da cadeia produtiva da laranja no Brasil: a agenda 2015. Relatório Ícone/Markestra/Pensa, São Paulo, 2006; p. 07.
- Neves, M. F.; Trombin, V. G.; Milan, P.; Lopes, F. F.; Cressoni, F.; Kalaki, R. O retrato da citricultura brasileira, São Paulo: CitrusBR, 2011. 138p
- Partelli, F.L.; Dias, J.R.M.; Vieira, H.D.; Wadt, P.G.S.; Paiva J.R., E. Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2014; v. 38, n. 3, p. 858-866.
- Primavesi, A. C.; Primavesi, O.; Corrêa, L. A.; Silva, A. G.; Cantarella, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, 2006; v.30(3): p.562-568.
- ROLAS- Recomendações técnicas da comissão de química e fertilidade do solo. Manual de adubação e de calagem para os Estados do RS e SC. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2004. 394 p.
- Santini, J. M. K.; Perin, A.; Silveira, F. O.; Lopes Filho, L. C.; Valderrama, M. The usage of NPK coated by polymers on the cotton crop (*Gossypium hirsutum* L.) for biomass production on the aerial part. *Global Science and Technology*, 2013; v.6(3): p.79-89.
- Santini, J.M.K.; Perin, A.; Coaguila, D.N.; Valderrama, M.; Galindo, F.S.; dos Santos, C. G.; Silva, V. M.; Buzetti, S. Adubação nitrogenada na implantação de *urochloa brizantha* cv. xaraés no cerrado: características nutricionais. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*. 2016; v.10(2): p.140-153.
- Schon, M K.; Novacky, A.; Blevins, D.G. Boron induces hyperpolarization of sunflower root cell membranes and increases membrane permeability to K<sup>+</sup>. *Plant Physiology*, 93, 1990; p566–571.



- Silva, A. D.; Menezes, C. C. E.; Menezes, J. F. S.; Nascimento, W. P. Fontes e doses de magnésio na cultura do milho. *Gl. Sci Technol*, Rio Verde, 2016; v.09, n.03, p.20–30.
- Silva, A. M. Adubação com potássio e boro sobre a produtividade, qualidade do fruto e teor de prolina em laranjeira 'pêra'. Tese de Doutorado, UFAM, 2016.
- Sousa, D. M.; Lobato, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. São Paulo: Artmed, 2006.
- USDA- United States Department of Agriculture. (2015). PSD Online. Washington. Disponível em <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>> Acesso em 21 jan. 2017

#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

As plantas com declínio apresentam uma menor condutância estomática comparada às plantas saudáveis, independente do horário e posição na planta, fato relacionado à maior relação  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  nas plantas com declínio, porém não houve diferenças na eficiência fotoquímica do FSII entre plantas com e sem declínio dos citros e a incidência solar sobre as plantas é um fator de sinergismo sobre o efeito da abertura estomática e antagonismo na eficiência quântica do FSII em todas as áreas avaliadas.

Durante a safra 2015/2016, os aumentos dos teores nutricionais ocorreram em períodos distintos para cada estado, porém as plantas localizadas no mesmo estado apresentaram aumento dos teores nutricionais nos mesmos períodos no ano. O P, K, Fe, Cu, e B aumentaram em seus teores no período de pré-colheita em cada estado, indicando uma necessidade de coleta em períodos definidos para cada estado, permitindo uma maior representação nas análises nutricionais foliares para as plantas.

A ordem de teores foliares, independente da propriedade ou local de cultivo foi  $\text{C} > \text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$  para os macronutrientes e  $\text{Cu} > \text{Fe} > \text{B} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Mo}$  para os micronutrientes, ocorrendo correlações significativas entre os nutrientes C/N; P/K; P/Mg; K/Mg; K/B; Cu/B; B/Mn e Mn com Zn durante a safra 2015/2016 nas análises foliares das áreas estudadas.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Considerando os resultados obtidos nesse trabalho, alguns pontos poderiam ser melhor investigados:

- Os níveis de ABA em folhas de plantas com declínio dos citros para verificar se o aumento de ABA nas raízes também ocorre nas folhas.
- Se a diminuição da condutância estomática é específica de plantas com declínio dos citros ou se alguma doença e outros fatores também afetam a condutância estomática. Caso não apresentem doenças que afetem a condutância estomática no citros, elaborar e validar um possível método de análise para confirmação da presença de declínio dos citros através do uso do porômetro.

## 6. REFERÊNCIAS

- Abreu, J.R.; Paiva, L.V.; Rodriguez, M.A.D.; Silva, A.T.; Henriques, A.R.; Junior, A.C.; Identification and quantification of differentially expressed genes associated with Citrus Blight (*Citrus* spp.), *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, v.39, n.1, 2015,p.32-38.
- Albrigo, L.G.; Timmer, L.W.; Derrick, K.S.; Tucker, D.P.H.; Graham, J.H. Failure to transmit citrus blight by limb grafts. In: Conference of the IOCV, 12, 1992. New Delhi. Proceedings, University of Califórnia, 1992; p. 127-130.
- Albrigo, L.G.; Young, R.H. Phloem zinc accumulation in citrus trees affected with blight. *Hortscience*, Alexandria, 1981; v.16, p.158-160.
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift, Gebrüder Borntraeger, Stuttgart* , v. 22, n. 6, 2013, p. 711–728.
- Amado, T.J.C.; Schleindwein, J.A.; Fiorin, J.E. Manejo do solo visando a obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema de plantio direto. In: Thomas, A.L. & Costa, J.A., Soja, Manejo para alta produtividade de grãos. 1.ed. Porto Alegre, Evangraf, 2010. p.35-97.
- Antunes, W.C.; Daloso, D.M.; Pinheiro, D.P.; Williams, T.C.R.; Loureiro, M.E. Guard cell- specific down-regulation of the sucrose transporter SUT1 leads to improved water use efficiency and reveals the interplay between carbohydrate metabolism and K<sup>+</sup> accumulation in the regulation of stomatal opening, *Environmental and Experimental Botany*, v.135, 2017, p.73-85.
- Araújo, E. O.; Silva, M. A. C. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Pernambuco, v. 7, n. 1, p. 720-727, 2012.
- Assmann, S.M.; Zeiger, E. Guard cell bionergetics. In: Zeiger E, Farquhar GD, Cowas IR (eds). *Stomatal Function*. Stanford University Press, Stanford, CA, 1987, p163-193.
- Auler, P. A. M.; Pavan, M. A.; Neves, C. S. V. J.; Carlos, E. F. Ocorrência de declínio dos citros na Região Noroeste do Paraná. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2010; v. 33, n.1, p.286-290.

- Baldassari, R. B.; Goes, A.; Tannuri, F. Declínio dos citros: algo a ver com o sistema de produção de mudas cítricas? *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2003; v. 25, n.2, p. 357-360.
- Bausher, M.G.; Sweeney, M.J.; Field detection of citrus blight using immunological techniques. *Plant Disease*, 1991; v.75, p.447–450.
- Blatt, M.R.; Wang, Y.; Leonhardt, N.; Hills, A. Exploring emergent properties in cellular homeostasis using OnGuard to model K<sup>+</sup> and other ion transport in guard cells, *Journal of Plant Physiology* v.171, 2014, p770–778
- Beretta, M.J.G.; Rossetti, V. Declínio dos citros - Uma doença transmissível. In: *Seminário internacional sobre porta-enxertos de citros*, Bebedouro, 1990; v.1, p.211-221.
- Bergamashi, H.; Vieira, H.J.; Ometto, J.C.; Angelocci, L.R.; Libardi, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro. I. Análise de crescimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.7, 1988, p.733-43.
- Berger, R.D. A causa e o controle do declínio dos citros. *Revista Laranja*, Cordeirópolis, v.19, n. 1, 1998, p. 79-90.
- Borer, C.H.; Hamby, M.N.; Hutchinson, L.H. Plant tolerance of a high calcium environment via foliar partitioning and sequestration. *Journal of Arid Environments* v.85, 2012, p128-131
- Bray, E.A.; Moses, M.S.; Imai, R.; Cohen, A.; Plant, A.L., Regulation of gene expression by endogenous ABA during drought stress. In *Plant Responses to Cellular Dehydration during Environmental Stress: Current Topics in Plant Physiology* (eds Close, T.J.; Bray, E.A.), An American Society of Plant Physiologist Series, Rockville, Maryland, 1993, p. 167–176
- Britto D.V.; Kronzucker H.J. Cellular mechanism of potassium transport in plants. *Physiologia Plantarum*, 133, 2008; p.637–650.
- Campalans, A.; Messeguer, R.; Goday, A.; Pages, M. Plant responses to drought, from ABA signal transduction events to the action of the induced proteins. *Plant Physiol Biochem*, 1999, p327-340.
- Carlos, E.F.; Lemos, E.G.M.; Donadio, L.C. O declínio dos citros. *Revista Laranja*, Cordeirópolis, v.21, 2000, p. 175-203.

- Carpita, N.; MacCann, M. The cell wall. In *Biochemistry and Molecular Biology of Plants* (B.B. Buchanan, W. Gruissem and R. L. Jones, eds) American Society of Plant Physiologist, Rockville MD), 2000, p. 52-108.
- Carvalho, L.M. Características físicas e químicas de Laranja Pera, Natal e Valência provenientes de diferentes posições na copa. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2010.
- Chica E.J.; Albrigo L.G. Cool temperature and water deficit interact during floral induction in citrus. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, v.126, 2013, p. 45–50.
- Cid, L.P.B. Introdução aos hormônios vegetais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000, p180.
- Coelho, Y. S.; Paguio, O. R.; Hiroce, R. Situação nutricional de plantas cítricas afetadas pelo declínio nos Estados da Bahia e São Paulo. In: Congresso brasileiro de fruticultura, 7., Florianópolis, 1983. Anais... Florianópolis: SBF/EMPASC, 1984. v. 1. p. 416-423.
- Cutler S.R.; Rodriguez P.L.; Finkelstein R.R.; Abrams S.R. Absciscic Acid: emergence of a core Signaling network. *Annu Revf Plant Biol.*, 2010. p51–79.
- Cruz, M. do C.M.; Rocha, R.H.C.; Siqueira, D.L.; Salomão, L.C.C. Evaluation of the leaf water potencial, soil humidity and air temperature on the pre-bloom of citrus. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, 2007; v. 31, n. 5, p. 1291-1296.
- Daloso, D.M.; Antunes, W.C.; Pinheiro, D.P.; Waquim, J.P.; Araújo, W.L.; Loureiro, M.E.; Fernie, A.R.; Williams, T.C.R. Tobacco guard cells fix CO<sub>2</sub> by both Rubisco and PEPcase while sucrose acts as a substrate during light-induced stomatal opening. *Plant, Cell Environ.* v.38, 2015, p. 2353–2371.
- Daloso, D.M.; Williams, T.C.R.; Antunes, W.C.; Pinheiro, D.P.; Müller, C.; Loureiro, M.E.; Fernie, A.R. Guard cell-specific upregulation of sucrose synthase 3 reveals that the role of sucrose in stomatal function is primarily energetic. *New Phytol.* v.209, 2016, p. 1470–1483.
- Dancey, C.; Reidy, J. Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre, Artmed, 2006.

- Dechen, R.A.; Nachtigall, G.R. Micronutrientes. In: Fernandes, M.S (ed). Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, do Sociedade Brasileira de Ciência Solo, 2006. p.327-354
- Derrick, K.S. Evidências indicam que o declínio dos citros é uma doença infecciosa. Revista Laranja, Cordeirópolis, v.19, n. 1, 1998, p. 107-116.
- Derrick K.S.; Beretta M.J.; Barthe G.A. Florida State Horticultural S. Detection of an Idaeovirus in citrus with implications as to the cause of citrus blight. Proc Fla Hort Soc.119, 2006; p69–72.
- Dias, D. P.; Marengo, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 3, 2007, p. 305-311.
- Edel, K.H.; Kudla, J. Integration of calcium and ABA signalling. Plant Biology, v.33, 2016, p. 83–91.
- EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Ed: Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. Brasília-DF, 2009.
- Erismann, N.M.; Machado, E.C.; Tucci, M.L.S. Photosynthetic limitation by CO<sub>2</sub> diffusion in drought stressed orange leaves on three rootstocks. Photosynth. Res.96, 2008, p163–172.
- Flexas, J.; Bota, J.; Loreto, F.; Cornic, G.; Sharkey, T.D. Diffusive and metabolic limitations on photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. Plant Biol. v.6, 2004, p1–11.
- García-Sánchez, F.; Syvertsen, J.P.; Gimeno, V.; Botía, P.; Perez, J.G. Responses to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water-use efficiency. Physiol Plant. v.130, 2007, p532–542.
- Gaxiola, R.A.; Palmgren, M.G.; Schumacher, K. Plant proton pumps. FEBS lett. 581, 2007, p. 2204-2214.
- Gonçalves, G.K.; Meurer, E.J.; Bortolon, L.; Gonçalves, D.R.N. Relação entre óxidos de ferro e de manganês e a sorção de fósforo em solos no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2011; v. 35, n. 5, p. 1633-1639.

- GPACC (Grupo Paulista de Adubação e Calagem Para Citros). Frutíferas. In: Raij, B van.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C, eds., *Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo*. IAC, Campinas. 1997, p. 121–134.
- Grossmann, K. Mode of action of auxin herbicides: a new ending to a long drawn out story. *Trends in Plant Science*, v.5, 2000, p506-508.
- Guo, X.L.; Ma, Y.Y.; Liu, Z.H.; Liu, B.H. Effects of Exterior Abscissic Acid on Calcium distribution of Mesophyll Cells and Calcium Concentration of Guard Cells in Maize Seedlings. *Agricultural Sciences in China* 7 v.4, 2008, p. 438-446
- Hippler, F.W.R.; Boaretto, R.M.; Quaggio, J.A.; Boaretto, A.E.; Abreu Jr, C.H.; Mattos Jr., D. Uptake and Distribution of Soil Applied Zinc by Citrus Trees. Addressing Fertilizer Use Efficiency with <sup>68</sup>Zn Labeling. *PLOS ONE journal*, 2015.
- Hochmal, A.C.; Schulze, S.; Trompelt, K.; Hippler, M. Calcium dependent regulation of photosynthesis. *Biochimica et Biophysica Acta* v.1847, 2015, p993–1003
- Hosseini, S. M.; Maftoun, M.; Karimian, N.; Ronaghi, A.; Emam, Y. Effect of Zinc x Boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of corn. *Journal of Plant Nutrition*, London, 2007; v. 30, n. 5, p. 773-781.
- Horrer, D.; Flütsch, S.; Pazmino, D.; Matthews, J.S.A.; Thalmann, M.; Nigro, A.; Leonhardt, N.; Lawson, T.; Santelia, D. Blue light induces a distinct starch degradation pathway in guard cells for stomatal opening. *Curr. Biol.* v.26, 2016, p362– 370.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2015. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>>. Acesso em: 24 set. 2016.
- Jones H.G. Interaction and integration of adaptive responses to water stress: the application of an unpredictable environment. In: Tumer NC, Kramer PJ (eds). *Adaptation of Plant to Water and High Temperature Stress*. Wiley, New York, 1980, p353-365.
- Kerbaui, G.B. *Fisiologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Ed. Koogan, 2004, p452.

- Köppen, W.; Geiger, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm. 1928
- Leung J.; Giraudat J. Absciscic acid signal transduction. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 1998; 49: p199-222.
- Lawlor, D.H.; Cornic, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*, 2002; 5: p275- 294.
- Lee, R.F.; Marais, L. J.; Timmer, L.W.; Graham, J.H. Syringe injection of water into the trunk: a rapid diagnostic test for citrus blight. *Plant Disease*, Saint Paul, 1984; v.68, n.6, p.511-513.
- Li, C.L.; Wang, M.; Xa, X.Y.; Zhang, W. NRGA1, a Putative Mitochondrial Pyruvate Carrier, Mediates ABA Regulation of Guard Cell Ion Channels and Drought Stress Responses in *Arabidopsis*, *Molecular Plant*, v.7, 2014, p.1508-1521.
- Lima, J.E.O.; Borducchi, A.S. Observations on citrus blight in Sao Paulo, Brazil. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Tallahassee, 1982; v.95, p.72-75.
- Lima, R. T.; Nascimento, V.; Andreani JR., R. Densidade de plantas e fontes de nitrogênio no cultivo de feijoeiro. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 2016; v.10(3): p.327-338.
- Long, S.P.; Humphries, S.; Falkowski, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.45, 1994, p.633- 662.
- Lugassi, N.; Kelly, G.; Fidel, L.; Yaniv, Y.; Attia, Z.; Levi, A.; Alchanatis, V.; Moshelion, M.; Raveh, E.; Carmi, N.; Granot, D. Expression of arabidopsis hexokinase in citrus guard cells controls stomatal aperture and reduces transpiration. *Front. Plant Sci.* v.6, 2015, p. 1114.
- MacRobbie, E.A.C. Ionic relations of guard cells. In: Zeiger E, Farquhar GD, Cowas IR (eds). *Stomatal Function*. Stanford University Press, Stanford, CA, 1987, p125-162.
- Malavolta, E.; Oliveira, S. A.; Vitti, G. C. The use of diagnosis recommendation system (DRIS) to evaluate the nutritional satus of healthy and blight affected citrus trees. In: FRAGOSO, M. A. C. e van BEUSICHEN, M. L. (Ed.).



- Optimization of Plant Nutrition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 157-159.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 319p.
- Malavolta, E.; Cabral, C.P.; Prates, H.S.; Oliveira, S.C.; Junior, J.L.; Malavolta, M.; Moraes, M.F. Composição mineral de folhas de citros afetadas por declínio, amarelinho (CVC), morte súbita e Huanglongbing (HLB). Informações agronômicas n110, Potafos, 2005, p3-6.
- Mansfield T.A.; Hetherington A.M.; Atkinson C.J. Some current aspects of stomatal physiology. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1990; 41: p55-75.
- Mansfield T.A.; McAinsh M.R. Hormones as regulators of water balance. In: Davies, P.J. (ed). Plant Hormones. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1995, p598-616.
- Marchal, J.; Lacoëuilhe, J.J. Bilan mineral du mandarinier. Fruits, Paris, 24(6), p.299-318, 1969. In Malavolta, E.; Violante Netto, A. Nutrição mineral, calagem, Gessagem e adubação dos citros. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989; pp.153.
- Mattos Jr, D.; Hippler, F.W.R.; Boaretto, R.M.; Stuchi, E.S.; Quaggio, J.A. Soil boron fertilization: the role of nutrient sources and rootstocks in citrus production. Journal of Integrative Agriculture, 2017; v.16.
- Medeiros, J.C.; Albuquerque, J.A.; Mafra, A.L.; Rosa, J.D.; Gatiboni, L.C.; Calcium:magnesium ratio in amendments of soil acidity: nutrition and initial development of corn plants in a Humic Alic Cambisol. Ciências Agrárias, Londrina, 2008; v. 29, n. 4, p. 799-806.
- Melton, D.B.; Vale, R.L.; Chaves, M.M.; Maroco, J.P.; Aragão, L.E.O.C.; Malhi, Y.; Da Costa, A.L.; Braga, A.P.; Gonçalves, P.L.; Athaydes, J.; Da Costa, M.; Almeida, S.S.; Campbell, C.; Hurry, V.; Williams, M.; Meir, P. Impacts of experimental imposed drought on leaf respiration and morphology in an Amazon rain forest. Funct. Ecol. 24, 2010, p524–533.

- Moreira, S.G.; Prochnow, L.I.; Kiehl, J.C.; Neto, L.M.; Pauletti, V. Formas químicas, disponibilidade de manganês e produtividade de soja em solos sob semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2006; v. 30, n. 6, p. 121-136.
- Müller, G.W.; Carvalho, S.A.; Machado, M.A.; Rodrigues, J.C.V. Controle das doenças causadas por vírus e similares em citros. In: Zambolim, L., do Vale, F.X.R., Monteiro, A.J.A., Costa, H.(ed). *Controle de Doenças de Plantas Frutíferas*, Viçosa, 2002, v.1; p247-277.
- Neto, A.P.; Favarin, J.L.; Carvalho, P.P.T.; Tezotto, T.; de Souza, K.M. Cinética de absorção de fósforo em razão do teor de magnésio em cafeeiro em Fitotecnia, E.D. D., em Fitotecnia, E.D.M. 2013.
- Neves, M.F.; Jank, M.S. Perspectivas da cadeia produtiva da laranja no Brasil: a agenda 2015. *Relatório Ícone/Markestra/Pensa*, São Paulo, 2006; p. 07.
- Neves, M.F.; Trombin, V.G.; Milan, P.; Lopes, F.F.; Cressoni, F.; Kalaki, R. O retrato da citricultura brasileira, São Paulo: CitrusBR, 2011. 138p
- Ort D.R.; Baker N.R. A photoprotective role for O<sub>2</sub> as an alternative electron sink in photosynthesis? *Current Opinion in Plant Biology*, 2002; 5: p193-198.
- Partelli, F.L.; Dias, J.R.M.; Vieira, H.D.; Wadt, P.G.S.; Paiva J.R., E. Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2014; v. 38, n. 3, p. 858-866.
- Parvathi K.; Raghavendra A.S. Blue light-promoted stomatal pening in abaxial epidermis of *Commelina benghalensis* in maximal at low calcium. *Physiologia Plantarum*, 1997; p. 861-864.
- Pedroso F.K.J.V.; Prudent D.A.; Bueno A.C.R.; Machado E.C.; Ribeiro R.V. Drought tolerance in citrus trees is enhanced by rootstock dependent changes in root growth and carbohydrate availability. *Environ Exp Bot* v.101, 2014, p26–35.
- Perez S.C.J.G.; Moraes J.A.P.V. Determinações de potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerradão. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 1991; v3: p27-37.

- Pimentel C.; Hébert G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão caupi sob deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.11: 1999, p7-11.
- Primavesi, A.C.; Primavesi, O.; Corrêa, L.A.; Silva, A.G.; Cantarella, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, 2006; v.30(3): p.562-568.
- Ronchi C.P.; Caten A.T.; Moraes G.A.B.K.; Batista K.D.; Chaves A.R.M.; DaMatta F.M. Efeitos de taxas de imposição e severidade do déficit hídrico sobre o metabolismo de carboidratos em folhas de *Coffea canephora*. In: *Annals of the III Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Embrapa Café, Brasília. 2005
- ROLAS- Recomendações técnicas da comissão de química e fertilidade do solo. Manual de adubação e de calagem para os Estados do RS e SC. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2004. 394 p.
- Rossetti, V.; Beretta, J.G.; Teixeira, A.R.R. Experimental transmission of decline by approach-root-grafting in São Paulo State, Brazil. In: *International organization of citrus virologists conference*, 11., 1989, Orlando. *Proceedings*. Riverside: University of California, 1991; p.250-255.
- Santini, J. M. K.; Perin, A.; Silveira, F. O.; Lopes Filho, L. C.; Valderrama, M. The usage of NPK coated by polymers on the cotton crop (*Gossypium hirsutum* L.) for biomass production on the aerial part. *Global Science and Technology*, 2013; v.6(3): p.79-89.
- Santini, J.M.K.; Perin, A.; Coaguila, D.N.; Valderrama, M.; Galindo, F.S.; dos Santos, C. G.; Silva, V. M.; Buzetti, S. Adubação nitrogenada na implantação de *urochloa brizantha* cv. xaraés no cerrado: características nutricionais. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 2016; v.10(2): p.140-153.
- Santos, C.H.; Klar, A.E.; Filho, H.G.; Rodrigues, J.D.; Pierre, F.C. Flowering induction and vegetative development of 'ponkan' Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) by irrigation and paclobutrazol application. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, 2004; v.26, n. 1, p. 8-12.

- Sassaki R.M.; Machado E.C.; Lagôa A.M.M.A.; Felipe G.M. Effect of water deficiency on photosynthesis of *Dalbergia miscolobium* Benth. A cerrado tree species. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 1997; v9: p83-87.
- Scholander, P.F.; Hammel, H.T.; Bradstreet, E.D.; Hemmingsen, E.A. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 1965; 146: p339-346.
- Schon M K, Novacky A, Blevins D G. Boron induces hyperpolarization of sunflower root cell membranes and increases membrane permeability to K<sup>+</sup>. *Plant Physiology*, 93, 1990; p566–571.
- Sharp, R.E. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. *Plant Cell Environment*, Columbia, 2002; v.25, n. 2, p.211-222.
- Silva, A. D.; Menezes, C. C. E.; Menezes, J. F. S.; Nascimento, W. P. Fontes e doses de magnésio na cultura do milho. *Gl. Sci Technol*, Rio Verde, 2016; v.09, n.03, p.20–30.
- Silva, A. M. Adubação com potássio e boro sobre a produtividade, qualidade do fruto e teor de prolina em laranja 'pêra'. Tese de Doutorado, UFAM, 2016.
- Sonoda, R.M.; Pelosi, R.R.; Hebb, J.W. Comparing Rio Grande gummosis and citrus blight incidence on grapefruit on Swingle citrumelo rootstock. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society*, Winter Haven, 1992; v.105, p.28-32.
- Sousa, D. M.; Lobato, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. São Paulo: Artmed, 2006.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 848 p.
- Talbott L.D., Zeiger E. The role of sucrose in guard cell osmoregulation. *Journal Experimental of Botany*, 1998; 49: p329-337.
- USDA- United States Department of Agriculture. (2015). PSD Online. Washington. Disponível em <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>> Acesso em 21 jan. 2017
- White P.J.; Karley A.J. Potassium. In: *Cell biology of metals and nutrients* (R. Hell and R. R Mendel, eds.), *Plant Cell Monographs* 17, 2010. p. 199–224. Springer, Dordrecht. In Marschner, P. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, third ed. Academic Press, San Diego, 2012, 672 p.

- Wutscher, H.K.; Cohen, M.; Young, R.H. Zinc and water-soluble phenolic levels in the wood for the diagnosis of citrus blight. *Plant Disease Reporter*, Beltsville, v.61, n.7, p.572- 576, 1977.
- Wutscher, H.K. Seasonal changes in zinc and water-soluble phenolics in the outer trunk wood of healthy and blight-affected sweet orange trees. *Hortscience*, Alexandria, 1981; v.16, n.2, p.157-158.
- Wutscher, H.K. Soil pH and extractable elements under blight-affected and healthy citrus trees on six Florida soils. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, Alexandria, 1989; v.114, n.4, p.611-614.
- Wutscher, H. K.; Hardesty, C. Concentrations of 14 elements in tissue of blight affected and healthy "Valencia" orange trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1979; v. 104, n.1, p. 9-11.
- Zeiger, E.; Farquhar, G.D.; Cowan, I.R.. *Stomatal Function*. Stanford Univ Press, Stanford, 1987.
- Zeiger E.; Field C.; Mooney H.A. Stomatal opening at dawn: Possible roles of the blue light response in nature. In: H Smith (ed). *Plants and the Daylight Spectrum*. Academic Press, London, 1981, p391-407.
- Zhang, Y.; Wang, N. Exploration of the causal agent of citrus blight using metagenomic approaches. *Amer phytopathological soc*, v.104, 2014, p135.
- Zhang, Y.; Barthe, G.; Grosser, J.W.; Wang, N. Transcriptome analysis of root response to citrus blight based on the newly assembled Swingle citrumelo draft genome. *BMC Genomics*, v.17, 2016, p.485.

## 7. RESUMO BIOGRÁFICO

Pedro Henrique Pacheco Ramos, filho de Jorge Ignácio Schimmelpfeng Ramos e Maria Consuelo de Souza Pacheco Ramos, nasceu em 14 de outubro de 1983, em Curitiba (PR).

Viveu a infância na cidade de Curitiba, mas teve contato direto com o interior devido

à família possuir propriedade rural no Noroeste do Paraná. Coursou o ensino fundamental (1ª até a 8ª série) na Escola Nossa Senhora Menina, Curitiba (PR) e o ensino médio no Colégio Decisivo do Cristo Rei, em Curitiba (PR).

Em 2004 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná, – Campus Curitiba - “UFPR”, graduando-se no início do ano de 2011. Em 2011 iniciou seu contato com a citricultura através de estágios em propriedades no Noroeste do Paraná. No mesmo ano, fez o curso de Certificador Fitossanitário de Origem em Citros pela Adapar (Agencia de defesa agropecuária do Paraná).

No início de 2013, iniciou o curso de piloto privado de avião, porém no final do mesmo ano foi contratado para ser emissor de Certificado Fitossanitário de Origem pela empresa Citrospar, em Cruzeiro do Oeste (PR), aonde atuou até o início do segundo trimestre de 2014. Retornou ao curso de piloto privado de avião no segundo semestre de 2014, concluindo o mesmo no início de 2015.

Em fevereiro de 2015 iniciou o Curso de Mestrado em Ciência do Solo, na área de Fertilidade e Nutrição de Plantas, sob orientação do Prof. Milton Ferreira de Moraes, no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná “UFPR”. Juntamente com o Curso de Mestrado, iniciou o curso de piloto comercial de avião, curso esse concluído no final de 2016. Concluiu o Mestrado em fevereiro de 2017.

Em 2017 não irá continuar com a carreira acadêmica, não realizando o curso de Doutorado, pois irá se dedicar exclusivamente a profissão de piloto.